This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06909865 9

Das

Reich der Wolken.

Malerische

Feierstunden.

Illustrirte

Familien- und Volks-Bibliothek

zur

Verbreitung nützlicher Kenntnisse.

Zweite Serie:

Populäre Lehrbücher.

Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen, Tondrucktafeln ꝛc.

Zehnter Band:

Das Reich der Wolken.

Von

Dr. Heinrich Birnbaum.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen und mehreren Tondrucktafeln.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.

1859.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR ... OX
TILDEN ... TION

Wolkenformen.

9/27/26

Das

Reich der Wolken.

Vorträge

über die Physik des Luftkreises und der atmosphärischen Erscheinungen.

Bearbeitet

für gebildete Leser aller Stände

von

Dr. Heinrich Birnbaum.

NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Mit 90 in den Text eingedruckten Abbildungen und 3 Tonbildern.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.

1859.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
270549A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1926 L

Leipzig,
Druck von Giesecke & Devrient.

Einleitung und Vorwort.

Die Atmosphäre ist ein sehr bedeutungsvolles Glied der gesammten Erdennatur. Alles Leben, Wachsen und Gedeihen, alles Verwittern, Sterben und Verwesen geschieht in der Luft und mit Hülfe der Luft. An jeder Erscheinung, an jedem Wechsel der Natur hat sie Antheil. Und in Bezug auf den Menschen ist sie die wichtigste, die unentbehrlichste Stütze seines ganzen Daseins, die helfende Kraft bei Handel und Wandel, Fabriken und Gewerben. Sie regiert eben so mächtig in den Hütten der Armen wie in den Palästen der Reichen, sie erfreut die ganze Welt mit derselben Segensfülle. Keiner kann ohne sie leben und wirken, Niemand kann sich ihrer Herrschaft entziehen. Sie ist das Band, welches das Größte wie das Kleinste, das wunderbar Erhabene wie das Alltägliche zu einer gesetzmäßigen Einheit verknüpft. Wollen wir daher die Natur und ihre Kräfte begreifen, richtig würdigen und mit Bewußtsein benutzen, so müssen wir ganz vorzugsweise einen denkenden Blick in die Atmosphäre unserer Erde thun, so müssen wir Hand anlegen, uns darin eine klare geistige Heimat zu verschaffen. Und der Zweck der nachfolgenden Blätter besteht hauptsächlich darin, die Gelegenheit zu einem guten Anfange zu bieten.

Um die Lösung dieser Aufgabe einleitend vorzubereiten, lenken wir die Aufmerksamkeit der geneigten Leser zunächst auf die äußeren Erscheinungen des Luftkreises. Die ganze Natur ist voll von wechselnder Veränderlichkeit, aber am überraschendsten fällt uns dies im Reiche der Wolken auf. Der Himmel verwandelt unaufhörlich Form, Farbe und Licht, alle Gebilde entstehen und vergehen hier in einer endlosen Manchfaltigkeit, — die Winde wehen bald aus dieser, bald aus jener Weltgegend, an dem einen Orte treten sie unhörbar leise und milde auf, an einem andern wüthen sie mit lautem Getöse und einer Alles vernichtenden Gewalt, sie erquicken die lebende Natur mit Regen, Thau und Wärme, aber sie bringen auch Dürre, Hagel und Schnee, durch sie kommen und gehen die Gewitter, welche eben so oft zum Unglück wie zum Glück über Menschen und Menschenhabe walten, durch sie werden Krankheiten herbeigeführt und vertrieben, sie schaffen und beherrschen den Wechsel der Jahreszeiten, und regieren das Wetter

in allen Zonen. Unbeständigkeit und Gesetzlosigkeit scheint hier der Charakterzug des Ganzen zu sein. Nirgends zeigt sich eine Spur von zuverlässiger Regelmäßigkeit. Die Wetterwendigkeit der Lufterscheinungen ist daher auch schon seit Jahrtausenden zu einem unumstößlichen Sprüchwort gestempelt worden. Man hat lange daran verzweifelt, daß menschliche Einsicht hier je festen Fuß fassen könnte. Der Aberglaube, diese giftige Wucherpflanze aller unsicheren Wissenschaften, fand daher auf dem weiten Felde der Wetterkunde und der Luftphänomene ein Heimatsrecht und verfolgte die Menschen mit dem ganzen Heer seiner traurigen Folgen. Dem denkenden Geiste des Menschen ist es nun doch endlich geglückt, in das wirre Durcheinander der Lufterscheinungen Licht zu bringen, man hat dadurch schon Vieles auf feste, ewig geltende Naturgesetze zurückgeführt. Das ist eine bewundernswürdige große That des Fortschritt's der neuern Wissenschaftlichkeit. Wir haben alle Ursach mit Dank darauf zu blicken. Es ist ein Sieg, der einen langen hartnäckigen Kampf gegen das abergläubige Dunkel der Vergangenheit hinter sich hat, aber auch zugleich noch manche Schattenpunkte unsers Wissens blicken läßt, die noch aufzuklären sind. Unser Buch strebt nun dahin, einen befriedigenden Aufschluß zu verschaffen, will aber auch auf die Nothwendigkeit hinweisen, daß Jeder mit zugreifen müsse, so oft es gilt, die Luftphänomene vernünftig aufzuklären, und das wahre Wissen zum bleibenden Eigenthume des Volkes zu machen.

Forschen wir nun darnach, was wol zuerst die aufhellenden Lichtstrahlen in das geistige Dunkel der Luftnaturkunde gebracht hat, so haben wir vor allen anderen mitwirkenden Punkten ganz besonders den hervorzuheben, daß man klar erkannt hatte, wie auch die Atmosphäre unter dem Einflusse der Schwere stehe und wirksam sei. Die Scholastiker wollten von der Schwere der Luft nichts wissen, sie beriefen sich auf Aristoteles' Versuche mit dem Lederschlauch, der aufgeblähet durch hineingetriebene Luft nicht mehr gewogen habe, als zusammengeschrumpft ohne Luft. Da trat Galilei auf und bewies durch die That, daß unsere Atmosphäre wirklich Schwere besitze und die aristotelische Beweisführung falsch sei, denn man könnte damit eben so gut behaupten, daß auch das Wasser ein Imponderabilium wäre. Der große Mann hatte das denkende Publikum für sich, er war hier wie in so vielen anderen Kämpfen, ein triumphirender Sieger über die Scholastiker. Jetzt denkt kaum noch Jemand daran, die Schwere unserer Luft bezweifeln zu wollen. Das ist vortrefflich; aber es ist auch wieder nicht gut, daß man gerade in unseren Tagen diese Begründung zu oberflächlich leicht nimmt und darüber hinweg eilt, wie über eine längst abgemachte Thatsache. Gerade hier thut ein gründliches Verweilen durchaus noth. Wir haben mehrere sehr befangene Naturanschauungen zu beklagen, welche rein nur aus jener Oberflächlichkeit entsprungen sind. Wer weiß es nicht, daß unter den Schützen noch immer die Meinung vorkommt, als übe das Wasser eine stärkere Anziehung auf die abgeschossene Kugel aus, als die feste Erdoberfläche, und fragt man nach der Ursache dieser wunderlichen Ansicht, so überzeugt man sich sogleich, daß die Begriffe von der Schwere überhaupt gar nicht klar erkannt

sind, und daß man vorzugsweise von der Schwere der Luft und ihrem Drucke eine sehr verworrene Vorstellung besitzt. Wir belächeln die Zweifler der Bewegung der Erde, und haben vollen Grund dazu, aber es ist dann auch nöthig, genau zu begreifen, wodurch ein solcher Irrthum noch heute möglich sein konnte, und da stellt sich denn heraus, daß alle Fehlschlüsse ihren Quell in der schiefen Auffassung der Luftschwere haben. Aehnliche schwache Punkte ließen sich noch sehr viele aufzählen, welche immer wieder auf denselben Schattenfleck der naturwissenschaftlichen Volksaufklärung zurückführen. Hier liegt daher der Fingerzeig, wo die Naturlehre noch kräftig zu wirken hat. Wenn also unser Werkchen es sich angelegen sein läßt, gerade die Schwere der Luft zum klaren Bewußtsein des denkenden Publikums zu bringen, so erfüllt es nur seine wol erkannte Pflicht. Es wählt dabei den historischen Weg, weil dieser am natürlichsten aufmerksam macht auf die Möglichkeiten zu irrthümlichen Erklärungsversuchen und dieselben am gründlichsten widerlegt. Hiernach giebt das Phänomen der Saugpumpe den Cardinalpunkt der Untersuchung, wovon dann die Erfindung des Barometers mit seiner Anwendung auf Wetterkunde und Höhenmessen sich als unmittelbare nothwendige Folge herausstellt. Später wird auch nicht versäumt, darauf hinzuweisen, daß gerade die Schwere der Luft es sei, welche das Athmen, das Saugen und Schlucken beim Trinken und Essen möglich macht, welche die Glieder unsers Körpers zusammenhält, welche die Wolken trägt und die Luftströmungen erzeugen hilft, welche es veranlaßt, daß leichtere Gegenstände in der Atmosphäre emporsteigen und schwerere darin verschieden schnell zu Boden fallen.

Die Luft gehört auch zu den Stoffen, welche sich durch Elasticität auszeichnen. Diese Eigenschaft ist allerdings schon lange gekannt, aber dennoch kommt der neuern Wissenschaft das große Verdienst zu, die Sache genauer begründet und mit der Wetterkunde in den richtigen Zusammenhang gebracht zu haben. Dadurch ist es erst klar geworden, wie ohne Ausnahme alle Bewegung der Luft in der Elasticität eine wesentliche Hülfe und Veranlassung findet. Und daß die ganze Natur nicht lautlos still ist, daß die Thiere durch Töne sich verständigen, ihre Freude, ihren Schmerz ausdrücken, daß die Menschen singen und sprechen, lachen und klagen können, daß es ihnen möglich ist, durch Musik Herz und Geist zu erfreuen und zu bilden, — das Alles haben wir der Elasticität der Luft zu danken. Zu dieser Einsicht hat uns aber ganz vorzugsweise die Erfindung der Luftpumpe geführt, daher legt unser Werk auf ihre geschichtliche Entwickelung ein Hauptgewicht. Daß dann daneben auch von den atmosphärischen Eisenbahnen, von den Sprachröhren und dem Sprachrohr ausführlich geredet worden ist, liegt in der praktischen Wichtigkeit dieser Gegenstände. Die Lehre von Ton und Schall ist natürlich nicht unberücksichtigt geblieben, indeß hat sich das Werk nur auf das Nachweisen der wichtigsten Gesetze und auf das Erklären der Hauptphänomene beschränken müssen, um nicht Gefahr zu laufen, die Grenzen seines eigentlichen Gebietes zu überschreiten. Dagegen hat es sich angelegen sein lassen, die Gesetze vom Drucke der Luft mit

besonderer Gründlichkeit zu behandeln, weil gerade hierin eine allgemeine Aufklärung am meisten noth thut.

In den Erscheinungen des Luftkreises übt dann auch die Wärme einen sehr wichtigen allgemeinen Einfluß aus. Die erste Begründung fällt ebenfalls schon in das geistig gehobene Alterthum, indeß gehört der eigentliche Schwerpunkt der gründlichen Entwicklung dieser Lehre doch der neuern Zeit an. Den Alten fehlten noch alle Werkzeuge zum Messen dieser Naturkraft, daher hatten alle ihre Untersuchungen und Erklärungen einen sehr schwankenden unsichern Grund. Für sie war Dampf und Luft noch eine in Eins zusammenfallende oberflächlich erkannte Größe. Wie ganz anders ist das jetzt. Uns ist es klar, wie durch die Zu- und Abnahme der Wärme das Luftwasser in die Atmosphäre tritt und wieder ausgeschieden wird, wir können uns zu jeder Zeit darüber Aufschluß verschaffen, wie viel Wassergehalt die Luft unter dem Einflusse der Wärme trägt oder zu tragen im Stande ist. Wir begreifen die eigentliche Bedeutung dieser Eigenschaft erst jetzt vollkommen; wir wissen, wie von ihr alle Leben erhaltende Kraft auf Erden abhängig ist, wie sie die Hauptgrundlage zu der großartigen Verbindung zwischen Festland und Meer bildet, wie einflußreich dieselbe thätig ist bei der Bildung der Wolken und Nebel, bei dem Entstehen des Thau's, Regens, Schnee's und Hagels. Erregt schon hierdurch die Physik der Luft unser Nachdenken, unsere Bewunderung, so geschieht dies noch vielmehr durch den Hinblick auf ihre praktische Wichtigkeit für alle Geschäftsthätigkeit der Menschen. Der Landwirth sieht in den von der Wärme veranlaßten Vorgängen der Atmosphäre den Quell des Segens für seinen Fleiß; der Fabrikant und Handelsmann muß darauf mit Ehrfurcht blicken, denn alles Wasser zu seinem Geschäft hat den Kreislauf durch die Atmosphäre unter Vermittelung der Wärme gemacht, und aller Verkehr auf Erden ist davon abhängig; die denkende Hausfrau wird an die hohe Bedeutung dieses Naturgesetzes erinnert, so oft sie Speisen bereitet, die Wäsche verhandhabt und in ihrem Hauswesen Reinlichkeit und Ordnung erzielt. Und machen wir auch noch aufmerksam auf die Dampfmaschine, welche so tiefgreifend ein Hebel aller menschlichen Thätigkeit geworden ist, so muß man staunen über den Fortschritt der Naturkunde, aber auch eingedenk werden, daß das Ganze eine natürliche Folge von dem richtigen Erfassen der Wärmethätigkeit in unserer Atmosphäre ist. Das klare Erkennen der Gesetze der Luftwärme ist eine bedeutungsvolle Errungenschaft der Gegenwart, welche nie anders als mit Begeisterung genannt werden sollte. Unsere Gedanken werden darauf geführt bei dem Hinblick auf das Reifen und Gedeihen der Früchte auf den Feldern, bei dem Erwärmen unserer Zimmer im Winter, bei dem Abkühlen im Sommer, so oft wir uns vor Kälte und Hitze schützen in unseren Kleidern und bei unseren Speisen und Getränken, so oft wir auf den Wanderzug der Vögel unsere Aufmerksamkeit lenken, so oft wir uns erfreuen über das Treiben der exotischen Gewächse durch künstliche Wärme und Bewässerung.

Mit der Wärme geht das Licht Hand in Hand. Wer einen geistigen

Blick in das Leben der Pflanzen- und Thierwelt thut, der wird sogleich finden, daß Alles nach Wärme und Licht strebt, und darin seine Erquickung und Lebensbedingung findet. Und wie unendlich viele Lufterscheinungen wären unlösbare Räthsel geblieben, wenn es dem Menschen nicht möglich geworden wäre, mit Einsicht in die Naturgesetze des Lichtes zu schauen. Die Lehre vom Licht ist ebenfalls eine Großthat der neuern Wissenschaftlichkeit. Die Alten wußten davon noch gar wenig mit Bestimmtheit. Sie hatten wol schon einiges Wissen über den geradlinigten Fortgang der Lichtstrahlen und über die Gesetze der Spiegelung derselben, indeß wußten sie noch gar nichts von der Strahlenbrechung und von dem Entstehen des farbigen Lichts. Daher erklärt es sich denn auch, daß das, was seit zwei Jahrhunderten neu hinzugekommen ist, erst das eigentliche Wesen dieser ganzen Lehre ausmacht, und daß besonders die Gegenwart große Verdienste hat, sowol in der Weiterführung, als in der sichern Begründung derselben. In dem Reich der Wolken sind die Erscheinungen des Lichts und der Farben die imponirendsten, wofür sich jeder denkende Mensch am lebhaftesten interessirt. Unser Buch läßt dies nicht außer Acht und legt sogar recht viel Gewicht darauf. Es bespricht mit ganz besonderer Vorliebe das Phänomen des Regenbogens der Sonne und des Mondes und lenkt die Aufmerksamkeit der Leser auf das Erscheinen der Nord- und Südlichter, der Höfe, der Nebensonnen und Nebenmonde. Man wird bei dem Nachlesen finden, wie sehr es dahin gestrebt hat, gerade in diesem Gebiete leicht faßlich und allgemein verständlich zu bleiben. Die Form des Gesprächs hat es hier vorwalten lassen, weil es sich so freier bewegen durfte in der Auswahl und der Durchführung der Belehrung; auch ließ sich auf diese Weise am leichtesten gegen Volksaberglauben ankämpfen. Das Heer der Täuschungen ist unendlich groß bei den Lichtphänomenen der Luft, wir haben unsere ganze Geisteskraft in Anspruch zu nehmen, damit wir uns hier frei erhalten können von Irrthum und befangenem Urtheil. Nicht blos Sonne, Mond und Sterne, sondern ohne Ausnahme alle sichtbaren Gegenstände täuschen unser Urtheil, das Auge sieht sie an unrichtigen Orten, sieht sie in unrichtiger Größe und Gestalt, und selbst dann noch, wenn auch unsere Einsicht von der strengsten wissenschaftlichen Gründlichkeit unterstützt wird. Das ganze Himmelsgewölbe ist ein Scheingebilde und dennoch sieht es aus, wie eine Wirklichkeit, an der nicht zu zweifeln ist. Die ungewöhnliche Größe der Sonne und des Mondes bei ihrem Auf- und Untergange überrascht das Auge des wissenschaftlich gebildeten Sachverständigen gerade eben so wie den ungebildeten Menschen. Worin dies nun seinen Grund habe, will das Buch nachzuweisen suchen. Die Luftspiegelung, die Fata Morgana und das Brockengespenst, die Himmelsbläue, die Abend- und Morgenröthe, das Wasserziehen der Sonne und noch viele andere Erscheinungen des Reichs der Wolken finden in diesem Kapitel ihren befriedigenden Aufschluß.

Die Physik der Luft wäre ohne Halt und Kraft, wenn sie sich nicht auf die Elektricität stützen könnte. Diese Lehre gehört nun ausschließlich der neuern

Wissenschaft an. Die Alten hatten davon noch gar keine Kenntniß. Ihre frühesten Anfänge reichen kaum über zwei Jahrhunderte hinauf und ihre eigentliche Ausbildung beginnt erst mit der zweiten Hälfte des verflossenen Jahrhunderts, so daß wir jetzt noch mitten in der Entwicklungsperiode stehen. Dies Neue hat einen ganz besondern Reiz und giebt sowol der Darstellung wie der Aufnahme eine interessante Färbung. Auch hier hat das Buch der belehrenden Gesprächsform den Vorzug gegeben und zwar aus denselben vorhin bezeichneten Gründen. Man weiß jetzt, daß die Blitzmaterie der Luft mit der Elektricität der Elektrisirmaschine identisch ist, und daß der ganze Unterschied nur in der Ungleichheit der Größe der Kraft liegt. Man weiß auch, daß die Atmosphäre nirgends und zu keiner Zeit frei ist von Elektricität, wie verdeckt und versteckt dieselbe auch manchmal auftreten mag. Daraus begreift man schon das reiche und weite Feld dieses durch und durch interessanten Kapitels. Alles zu geben, war dem Buche nicht möglich, man wird aber mit der Auswahl zufrieden sein, da sie gerade das in sich schließt, wofür sich jeder Denker am lebhaftesten interessirt. Es wird nachgewiesen, wie Benjamin Franklin und de Romas mit Hülfe des elektrischen Drachens die Elektricität aus den Wolken zur Erde gezogen haben, um damit experimentiren und bestätigen zu können, daß die Luftelektricität mit der Maschinenelektricität dasselbe sei. Es wird auf das Gefährliche dieser Versuche hingewiesen und darauf aufmerksam gemacht, daß Richmann dabei das Leben eingebüßt hat, daß dies aber auch zugleich die Veranlassung zur Erfindung der Blitzableiter gab. Die Leser werden eingeführt in die Vorgänge des Gewitters, sie werden über Donner und Blitz, über Regen und Wind dieses imposanten Phänomens belehrt, es werden die Wirkungen des Einschlagens und des Erschlagens besprochen und zugleich die Schutzmittel erwähnt; dabei kommt auch die Rede auf das Wetterleuchten und auf die sogenannten kalten Schläge. Das Hagelwetter, die Sand-, Wind- und Wasserhosen sind ebenfalls elektrische Naturerscheinungen, welche unser Werk nicht mit Stillschweigen übergeht.

Bei allen diesen Erscheinungen walteten aber die äußeren Eigenschaften der Atmosphäre vor, es durfte nun auch die innere Natur derselben nicht ununtersucht bleiben. Dies führte in den Kreis der Chemie der Luft. Hiervon hatten die Alten noch gar keine Ahnung, und was die Gegenwart davon weiß, ist kaum erst sechzig Jahre alt; aber ungeachtet dieser auffallenden Jugend schließt dasselbe doch schon eine unendlich reiche Erfahrung und eine wissenschaftliche Tiefe und Gründlichkeit in sich, welche der Ebenbürtigkeit mit den ehrwürdigsten ältesten Wissenschaften auch nicht den geringsten Abbruch thut. Das Erkennen der inneren Eigenschaften unserer Atmosphäre war zugleich der Grundstein zum Bau der ganzen Chemie. Und welches Prachtgebäude hat unser Jahrhundert daraus zusammengezimmert! Die hohe Bedeutung dieses Theils unserer Betrachtung fällt sogleich in die Augen, sobald nur darauf aufmerksam gemacht wird, daß er es ist, der uns Aufschluß giebt über die Lebensprozesse der Menschen, Thiere und Pflanzen. Bei jedem Athemzuge

ist die Chemie der Luft thätig. Sie bewirkt das Leben und Sterben, sie ist die Grundlage des Verbrennens, Verwesens und Verwitterns. Das ganze Bestehen, Vergehen und Verwandeln der Natur stützt sich auf die chemischen Bestandtheile und Eigenschaften der Luft. Die Lehre der Natur unserer Atmosphäre wird hierdurch erst zu einem in sich abgeschlossenen Ganzen. Und richten wir den Blick auf die reifen Früchte dieser Aufklärung, so setzen sie uns in Staunen. Sie haben Wunder gethan in der allgemeinen Bildung des Menschen, in dem praktischen Beistand bei allen seinen Geschäften. Alle unsere Fabriken und Handwerke haben dadurch einen bewundernswürdigen Aufschwung bekommen, ihre ganze Grundlage ist eine andere, eine viel rationalere geworden. Man kennt jetzt genau den Einfluß der Luft bei dem Backen des Brodes, bei dem Brauen des Biers, bei dem Bereiten des Weins, man läßt ihn nicht mehr außer Acht bei dem Sieden des Zuckers, bei dem Kochen der Seife. Und das Aufbewahren und Zubereiten der Speisen ist durch die Einsicht in den chemischen Einfluß der Luft auf einen weit praktischern Standpunkt gestellt. Vor Allem ist es aber wichtig geworden, daß wir die Luft, die wir athmen, als ein Nahrungsmittel anzusehen haben, daß sie dem Körper eben so nothwendig ist wie Fleisch, Brod und Wasser, daß wir wissen, welchen Einfluß sie auf unsere Gesundheit ausübt, wie leicht sie in unreinem Zustande pestartige Krankheiten erzeugen kann. Das Licht, welches in der Nacht und in unterirdischen Räumen die Helle des Tages ersetzt, das Feuer, welches im Winter unsere Zimmer erwärmt, unsere Speisen gar kocht, und welches so unendlich vielfach die Gewerbsthätigkeit unterstützt, erhält erst Dasein und Kraft durch die Luft. Die Luft ist es, welche der Ackerkrume ihre Fruchtbarkeit verleiht, sie ist es, welche das Keimen, Wachsen, Blühen, Befruchten und Reifen unterstützt. Und der große Haushalt der Gesammtnatur kommt erst durch die Chemie der Luft zu unserm Bewußtsein, wir begreifen die Nothwendigkeit des Verwitterns, des Verwesens, damit die Pflanzenwelt bestehen kann, und wie hierdurch wieder die Thierwelt lebt und existirt. Das Ineinandergreifen aller Reiche der Natur wird uns klar. Die ganze Schöpfung wird zu einem gesetzmäßig geordneten, harmonischen Ganzen.

Mit dem Gesagten sind nun die Hauptpunkte des Inhalts unseres Werkes bezeichnet und eingeleitet. Man darf aber nicht erwarten wollen, daß sich dasselbe bei seiner speciellen Durchführung und Bearbeitung des Stoffes immer genau an die aufgestellte Reihenfolge binden werde, oder gar den Plan verfolge, Alles in erschöpfender Ausführlichkeit zu besprechen. Das Buch will nur anregend belehren. Es erzielt eben so wenig eine Gelehrtengründlichkeit, wie eine solche Vollständigkeit, die den Grundsatz des Maßhaltens aus dem Auge verlöre. Aus diesem Grunde ist nirgends die Gelegenheit unbenutzt gelassen, Verwandtes beisammen zu behalten, für das gebildete große Publikum das Wissenswürdigste ausführlicher zu behandeln und das weniger Wichtige nur mit kurzen Andeutungen zu berühren, oder ganz mit Stillschweigen zu übergehen. Hiernach kann es auch nicht auffallend er-

scheinen, daß unser Werk sich frei gehalten hat von der Richtung, welche dasselbe zu einer spezifischen Wetterkunde stempeln konnte, denn so nahe auch die Physik der Luft mit der Meteorologie verwandt ist, und in wie vielen Punkten auch beide in Eins zusammenfallen mögen, so ruht sie dennoch auf einer viel allgemeinern Basis und verfolgt einen viel umfassendern Zweck. Die wichtigsten Lehren vom Wetter haben allerdings auch Platz gefunden, aber sie bilden nur einen guten Anfang, eine Einleitung und Vorbereitung zu einem Ganzen, das vielleicht später noch weiter verfolgt werden kann. Die rationale Wetterkunde, wie sie Dove, Kämtz, Dalton, Sauſſure und andere große Meister unserer Zeit zu Stande gebracht haben, ist von der allergrößten Bedeutung für die Wissenschaft und fürs praktische Leben, aber sie ist und bleibt doch immer nur eine von den vielen gesunden Früchten der Physik der Luft. Wer sich daher hier Aufschluß verschaffen will, über die Wettervorgänge der Luft, der wird sicher das Buch nicht unbefriedigt aus der Hand legen, obgleich er bald hier bald dort in ein allgemeineres Gebiet geführt wird, welches seinen besonderen Wünschen vielleicht nicht ganz entspricht, aber doch sein Interesse fesseln dürfte.

Das Buch soll eine für jeden gebildeten Denker passende belehrende Unterhaltungsschrift sein. Es war nöthig auszuwählen und zurückzulassen, damit die vorgeschriebenen Grenzen des Raumes nicht überschritten wurden. Und wenn es in dieser Hinsicht dennoch befremden sollte, daß von einigen Sachen nicht die Rede ist, welche wol in den Kreis gepaßt hätten, so müssen wir vor Allem daran erinnern, daß unser Werk in der Reihe der „Malerischen Feierstunden," Rücksicht auf bereits Besprochenes zu nehmen hatte. Daher ist z. B. von dem Luftballon nur wenig Notiz genommen, weil schon in der ersten Serie der Malerischen Feierstunden, in dem „Buche der Erfindungen," eben dieser Gegenstand mit allgemein ansprechender Ausführlichkeit behandelt worden ist, so daß ein einfaches Hinweisen schon zur Genüge ausreicht. Uebrigens weiß man auch, daß diese ganze Sache weder für die Wissenschaft noch fürs praktische Leben schon jetzt zu einer solchen Reife gediehen ist, um die Zeit des ruhigen Abwartens nicht noch etwas weiter fortsetzen zu müssen. Wir bemerken nur noch, daß Gay-Luſſac in Begleitung von Biot schon im Jahre 1804 zwei wissenschaftliche Luftschifffahrten ausgeführt hat, welche uns über die Wolken, über die Himmelsbläue, Lichtstärke, über den Flug der Vögel u. s. w. vielfache Belehrung gegeben haben. Bei der ersten Fahrt, die am 23. August ausgeführt wurde, erreichten sie eine Höhe von 13,000 Fuß; bei der zweiten, am 15. September, stiegen sie zu 23,040 Fuß empor; dies war zugleich die größte Höhe, zu welcher je ein Mensch gekommen ist. Die aus dieser Region mit herab gebrachte atmosphärische Luft bestand chemisch aus denselben Bestandtheilen wie die untere, auch war das Mischungsverhältniß ganz dasselbe. Von der Mattigkeit in den Gliedern, worüber die Bergreisenden klagen, verspürten sie gar nichts, ein Beweis für die Richtigkeit der im Buche besprochenen Ansicht Weber's. Daß sie aber auch keine Unbequemlichkeit von dem Bluten der Lippen empfunden haben, ist sehr befremdend und läßt sich nur aus der anstren-

gungslosen Ruhe mit einiger Wahrscheinlichkeit erklären. Im Juli des Jahres 1852 wurden von dem Vorstande der Sternwarte zu Kiew abermals wissenschaftliche Luftschifffahrten veranstaltet. Die Leitung des Ballons übernahm Green, während John Welsh die meteorologischen und physikalischen Untersuchungen durchführte. Bei der ersten Fahrt, welche am 17. August zu Stande kam, erreichten sie eine Höhe von 19,510 Fuß. Die Temperatur der Luft war unten 17° R., oben aber 9° unter Null. Als sie bei 2500 Fuß die erste Wolkenschicht durchstiegen hatten, war der Himmel ganz wolkenlos frei; bei 13,000 Fuß erblickten sie wieder einige lockere Haufenwolken über sich, welche sie aber nirgends selbst erreichten, oder, wenn dies geschehen sein sollte, so war es doch ohne die geringste Wahrnehmung vor sich gegangen, denn selbst das Durchschneiden der unteren Wolken kam ihnen kaum wahrnehmbar zum Bewußtsein, es zeigte sich immer nur ein schwaches Trüben der Tageshelle. Ueberhaupt kam es ihnen vor, als stände der Ballon fortwährend vollkommen still. Der Luftzug, den wir auf der festen Erde bei jeder Fortbewegung empfinden, soll in dem Ballon gar nicht wahrgenommen werden. Das Fahrzeug und alle sichtbaren Wolken reisen durch den Wind, in ganz gleicher Geschwindigkeit mit dem Winde. John Welsh versichert, daß er fortwährend dasselbe Gefühl der Ruhe behalten habe, als wenn er in seinem Lehnstuhle am Kamin gesessen hätte. Und Green erzählt, daß er bei einer Fahrt während eines Sturmes von 95 engl. Meilen in der Stunde nichts von der Heftigkeit und Schnelligkeit der Luftbewegung verspürt habe. Die verdünnte Luft der oberen Regionen erzeuge aber einen sehr empfindlichen Druck im Ohr, der merkwürdig ganz dem gleich zu setzen sei, welchen man in der Taucherglocke wahrnehme. Der Luftdruck auf das Trommelfell geschieht dort von Innen nach Außen, hier gerade umgekehrt von Außen nach Innen, wenn also der Schmerz blos durch die Ueberspannung des Trommelfells hervorgerufen wird, so kann die direct entgegengesetzte Ursache recht gut dieselbe Wirkung hervorbringen. Bei der vierten Fahrt, welche am 10. November ausgeführt wurde, erreichte man die enorme Höhe von 22,930 Fuß, sammelte aber wenig neue wissenschaftliche Erfahrungen ein.

In Hinsicht der Behandlung des Stoffes stellt sich das Buch auf einen durchaus populären Standpunkt. Es will leichtfaßlich belehren, sich nirgends mit einem oberflächlichen Hinweggleiten begnügen, sondern so viel nur möglich, in das eigentliche Wesen der Sache selbst eindringen, um dem denkenden Leser einen soliden Untergrund zu geben, auf welchen er später mit Sicherheit weiterbauen kann.

Inhalt.

Seite.

Einleitung und Vorwort I

I. Die Luft unter dem Einflusse der Schwerkraft 1

(Mit 9 Illustrationen.)

Schwere der Luft. Saugpumpe. Torricellianische Röhre. Barometer. Wetterglas.

II. Die Luft unter dem Einflusse der Elasticität 28

(Mit 7 Illustrationen.)

Expansion der Luft. Grundgesetz. Größe des Atmosphärendruck's. Triberg's Einwurf beseitigt. Weber's Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Erklärung der Wahrnehmungen der Bergreisenden. Anwendung auf Schröpfköpfe, Tränkeflaschen, auf die Mariotti'sche Wunderflasche. Das Boyle-Mariotti'sche Gesetz. Höhe der Atmosphäre und ihre Gestalt. Höhenmessungen mit Hülfe des Barometers.

III. Die Luftpumpe, ... 37

ein Haupthülfsmittel, die Wirkungen der Schwere und Expansion der Luft durch Versuche zur Anschauung zu bringen. (Mit 16 Illustrationen.)

Otto von Guericke's Wege zur Erfindung seiner Luftpumpe. Beschreibung derselben. Versuche mit den Magdeburgischen Halbkugeln zu Regensburg vor Kaiser und Reichsrath. Beseitigung der Ansichten, daß Boyle vor Guericke die Luftpumpe erfunden habe. Verbesserungen. Windbüchse. Anwendung der Luftpumpe. Fallversuche im luftleeren Raume. Die atmosphärische Eisenbahn von Samuda und Clegg.

IV. Der Schall in seiner Beziehung zur Atmosphäre 55

(Mit 12 Illustrationen.)

Definition. Ursprung, Fortpflanzung und Empfindung des Schalls. Die nächtliche Verstärkung des Schalls. Geschwindigkeit des Schalls im Allgemeinen und seiner hohen und tiefen Töne im Besondern. Schallstrahl. Echo. Sprachgewölbe. Versuche über die Fortpflanzung und Verstärkung des Schalls in Communicationsröhren von Wolff, Biot, Martin u. A. Praktische Anwendung dieser Röhren für das Geschäftsleben und Empfehlung zum Fernsprechen statt und in Unterstützung der Telegraphen bei Eisenbahnen. Sprachrohr. Höhrrohr. Ton und Tonverhältnisse.

V. Beziehung der Atmosphäre zu dem Wasser unter Einfluß der Wärme. 78

(Mit 2 Illustrationen.)

Expansion der Luft durch Wärme. Verdichtung der Luft entwickelt Zunahme, Verdünnung dagegen Abnahme der Wärme. Versuche über das Sieden des Wassers. Einfluß des atmosphärischen Luftdruck's beim Sieden des Wassers.

Seite.

Aehnlichkeit und Verschiedenheit des Wasserdampfes im Vergleich zur atmosphärischen Luft. Latente Wärme der Dämpfe. Prozeß der Verdampfung des Wassers bei jeder Temperatur. Praktische Verwerthung des Dampfes als Mittel der Erwärmung und Abkühlung. Dalton's Grundsätze und Folgerungen in Bezug auf das Wasser in der Atmosphäre. Atmometer.

VI. **Die Erscheinungen des Wassergehalt's im Luftkreise als Fortsetzung des vorhergehenden Abschnitt's** 91

(Mit 2 Illustrationen.)

Thau. Bläschentheorie. Begleitende Umstände bei dem Auftreten des Thau's. Die Theorie des Thau's von Wells nebst den dazugehörenden Versuchen. Menge des Thau's. - Feuchte Nebel. Kämtz's und Davy's Beobachtungen. Trockene Nebel, Höhenrauch. Wolken. Ursache ihres Entstehens. Wolkenformen nach Howard klassificirt und benannt. Höhe und Größe der Wolken.

VII. **Die Bewegung der Luft, ihre Bedeutung und ihre Folgen** ... 107

(Mit 7 Illustrationen.)

Ursprung des Windes. Verbindungsmittel zwischen Land und Meer. Halley's Theorie der regelmäßigen Winde. Weitere Begründung und Ausführung derselben durch Maury. Dove's Gesetz der Winddrehung. Regellose Winde. Geschwindigkeit der Winde, Stürme, Orkane. Rieb's Sturmlehre. Steppenstürme, Sirocco, Samum und Chamsin.

VIII. **Die Wasserphänomene des obern Luftkreises** 121

(Mit 7 Illustrationen.)

Regen. Verschiedenheit der Größe seiner Tropfen. Regenmesser. In der Tiefe fällt mehr Regen als in den oberen Regionen. Wechsel in der Wassermenge des Regens. Staubregen, Nebelregen, Platzregen, Wolkenbruch, Strich- und Landregen. Regen aus wolkenlosem heitern Himmel Höfe, Nebensonnen und Nebenmonde. Vertheilung des Regens auf die Welttheile. Schnee. Wie derselbe entsteht. Schneeformen. Höhe der Schneelager. Schneegrenze. Hagel, Graupeln, Schloßen. Das Hagelwetter. Seine Verbindung mit dem Gewitter. Leopold von Buch's Ansicht.

IX. **Die Chemie der Luft** 146

(Mit 13 Illustrationen.)

Die Luft, die wir athmen, ein Nahrungsmittel für's Leben der organischen Geschöpfe auf Erden. Der Anfang unserer gegenwärtigen Chemie. Die Entdeckung des Stickstoff's durch Rutherford, seine Verschiedenheit von der schon gekannten Kohlensäure. Die Entdeckung der sogenannten reinen Luft, welche von Lavoisier den Namen Oxygen erhielt. Man erkannte, daß dieselbe einen Bestandtheil der Atmosphäre ausmache und daher auch mit dem Namen Lebensluft belegt werden könne. Bestreben, die atmsophärische Luft durch Zusatz an Lebensluft zu verbessern. Das Eudiometer. Die Gewinnung des Sauerstoffs. Versuche mit demselben. Die Kohlensäure der Luft. Das Giftthal auf Java. Der Wassergehalt der Luft wirkt wie die Luft selbst und das alte Hygrometer wollte nicht mehr ausreichen. Die Hygrometer von Daniell und Auguſt. Das Athmen. Beschreibung der Luftröhre, Stimmritze und Lunge. Das

Seite.

Athmen ein eigentlicher Verbrennungsproceß nach Liebig. Vergleich mit dem Brennen im Ofen. Die Vorgänge zum Fettwerden und die des Abmagerns. Die Pflanzenwelt verwandelt die Kohlensäure der Luft wieder in Sauerstoff. Beziehung der Pflanzenwelt zur Thierwelt. Wo bleibt der Wasserstoff? Das Ozon der Luft, ein activer Sauerstoff.

X. **Die Elektricität der Luft.** Gespräch 157

(Mit 4 Illustrationen.)

Herannahen eines Gewitters. Das Gewitter zieht gegen den Wind. Windstille und Schwüle vor dem Gewitter. Regentropfen. Kalter Schlag. Vorsichtsregeln. Das Einschlagen. Wiederbelebungsversuche. Blitzröhren. Luftelektricität. Versuche von Franklin, de Romas, Richmann. Gewitteranzeiger. Blitzableiter. Wetterleuchten. Zusammenhang zwischen Blitz und Donner. Quelle der Luftelektricität. Geschwindigkeit des Blitzes. Das Nordlicht, ein magnetisches Gewitter. Beschreibung des Nordlichtes. Nachweis des Zusammenhanges zwischen Nordlicht und Magnetismus. Erdmagnetischer Verein.

XI. **Das Licht und die Atmosphäre.** Gespräch 181

(Mit 2 Illustrationen.)

Der auf die Thurmspitze gesetzte Knopf sah unten auffallend größer aus als oben. Augentäuschung. Unsicherheit des Augenmaßes. Streben des Auges, größere Entfernungen von ihm für gleich zu halten. Das kreisrunde Begrenztsein des Horizonts. Das Himmelsgewölbe, ein Gesichtsbetrug. Die bald größere bald geringere Abgeplattetheit des Himmelsgewölbes. Die blaue Farbe des Himmels. Die Abend- und Morgenröthe. Der Nebelsaum der Abendkühle. Das Wasserziehen der Sonne. Der Erdschatten am Himmel. Die ungewöhnliche Größe von Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange.

XII. **Das Licht und die Atmosphäre.** Schluß des Gesprächs 198

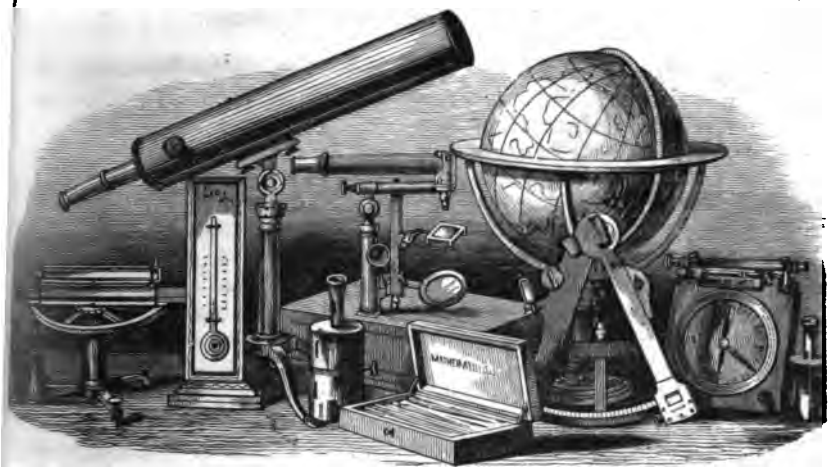
(Mit 7 Illustrationen.)

Das Phänomen des Regenbogens. Die Ursache seiner Farbe und Form nach Newton's Theorie. Haupt- und Nebenregenbogen. Jeder höher gelegene ist schwächer an Licht als der tiefere und besitzt eine umgekehrte Farbenordnung. Die Möglichkeit zum Sehen kreisrund geschlossener Regenbogen. Der Regenbogen bei Wasserfällen und auf dem Meere. Der Regenbogen ist in Deutschland den ganzen Sommer hindurch nie um Mittag zu sehen. In der heißen Zone giebt's nur Morgen- und Abendregenbogen. Regengallen. Mondsregenbogen. Brockengespenst. Luftspiegelung. Strahlenbrechung der Luft. Fata-Morgana, Beschreibung ihrer wahren Erscheinung. Erklärung dieses Phänomens.

Die hierzu gehörigen Tondrucktafeln sind in folgender Weise einzuheften:

Seite.

Die Wolkenformen 102
Der Samum. Wüstensturm in der Sahara 118
Der Doppelgänger des Luftschiffes 206



I.

Die Luft unter dem Einflusse der Schwerkraft.

Schwere der Luft. Saugpumpe. Torricellianische Röhre. Barometer. Wetterglas.

Das Wissen der Alten über unsere atmosphärische Luft war noch sehr unklar und beschränkt. Sie hielten dieselbe für eine Materie, auf welche die Schwerkraft der Erde keine Macht ausüben könne, und sie hatten daher auch noch gar keine Ahnung von dem atmosphärischen Drucke. Es fehlte ihnen so die allerwichtigste Grundlage zur Erklärung der Lufterscheinungen. Aber dennoch waren sie nie in Verlegenheit, so oft es darauf ankam, die Beziehungen zwischen Ursachen und Wirkungen der Phänomene nachzuweisen. Sie bildeten sich eine mit Phantasie erleuchtete Naturlehre der Luft, welche, mit unserm heutigen Erfahrungsmaßstabe gemessen, in einem ganz haltlosen, trüben Lichte erscheint. Und die Scholastiker brachten in dieses Dunkel nur noch entschiedenere Finsterniß. Ihnen war Alles, was Aristoteles gelehrt hatte, das alleinige und unumstößliche Wahre; sie kannten keinen höhern Beruf, als festzuhalten an dem Buchstaben dieses großen Weltweisen. Selbständiges Forschen und unbefangenes Prüfen wurde mit Gewalt erstickt, verhöhnt oder gar vor den gefürchteten Richterstuhl der heiligen Inquisition geschleppt. Erst mit dem Sturze der scholastischen Dialektik und Scheinlogik drang auch ein heller Strahl der vernünftigen Aufklärung in das an Erscheinungen so reiche Gebiet unseres Luftkreises. Damit begann überhaupt das Wiedererwachen aller Wissenschaften.

Unter der Zahl der kühnen Geister, welche mit Erfolg an dem Umsturze der hohlen scholastischen Wortweisheit arbeiteten, hat sich ganz vorzugsweise Galilei ausgezeichnet. Ihm war die Erfahrung die erste und wichtigste Grundlage der wahren Erforschung der Natur. Er ist der Schöpfer der Erfahrungsnatur-

lehre der Luft, welche nach und nach eine so hohe bewundernswürdige Ausbildung erlangt hat. Mit ihm beginnen wir auch unsere Reise durch das interessante Reich der Phänomene des Luftkreises.

Galilei verlebte die letzten Jahre seines vielbewegten Lebens zu Arcetri in der Villa Monte Rivaldi des Großherzogs von Florenz. Die furchtbaren Folterqualen des Jahres 1633, welche die römische Inquisition über den siebenzigjährigen Greis verhängt hatte, verlangten eine solche Zurückgezogenheit und aufmerksame Pflege, wie sie der fürstliche Schüler seinem würdigen Lehrer angedeihen lassen konnte. Galilei war immer ein großer Freund der Blumen gewesen, jetzt lenkte er aber seine ganze Aufmerksamkeit darauf und versäumte Nichts, was zu ihrer Verschönerung, zum bessern Gedeihen ihres Lebens nur irgendwie behülflich sein konnte. Ferdinand II., Großherzog von Florenz, blickte auf diese Blumenliebe mit ganz besonderem Wohlgefallen, und als eines Tages der Gärtner den Wunsch ausgesprochen hatte, das Wasser mittelst einer Pumpe zu den Blumen auf dem platten Dache über Galilei's Wohnung hinaufschaffen zu können, so gab er sogleich Befehl zur Anlegung einer solchen Wasserpumpe. Das Werk war rasch zu Stande gebracht. Als dasselbe aber in Anwendung gebracht werden sollte, so versagte es ganz und gar den Dienst. Man suchte nach einem Fehler in der Construction, konnte aber Nichts finden. Da ging der Gärtner in seiner Verlegenheit zu Galilei, um ihm den Vorfall mitzutheilen und ihn um Rath zu bitten. Dieser untersuchte die Pumpe sehr sorgfältig, fand aber ebenfalls nicht den geringsten Fehler in der Einrichtung, und dennoch stieg das Wasser in dem Saugpumpenrohr nie höher als 18 Florentiner Ellen unter dem luftdicht anschließenden Kolben empor. „Da haben wir ein Phänomen," rief Galilei voll Verwunderung, „was ich nicht erklären kann, hier läßt uns selbst die kluge Weisheit der Scholastiker im Stiche." — Damals hielt man nämlich den alten aristotelischen Grundsatz noch für wahr, daß das Wasser in der offenen Spitze der untergetauchten Spritze dem luftdicht anschließenden, emporgezogenen Kolben nachsteigen müsse, weil sonst zwischen dem Kolben und dem zurückbleibenden Wasser eine Leere entstände, vor der die Natur einen Abscheu habe. „Unsere Saugpumpe," sagte nun Galilei, „liefert hier einen schlagenden Beweis, daß der scholastische Horror vor dem Vacuum auch keine unbedingte Geltung habe, daß derselbe ebenfalls seine bescheidenen Grenzen besitze." Er freute sich, eine neue Gelegenheit aufgefunden zu haben, wobei sich das Haltlose der peripatetischen Weltweisheit klar an den Tag legen lasse. Als er nun aber über eine richtige Erklärung des Problems nachdachte, so stellte sich bald eine vorher gar nicht geahnte, sehr große Schwierigkeit heraus. Die Sache wurde viel erwogen und besprochen, aber nirgens kam man zu einer befriedigenden, auf Erfahrung gestützten Erklärung. Selbst die Scholastiker waren in Verlegenheit, aber nur auf kurze Zeit. Später sagten sie, das Saugpumpenphänomen sei weit davon entfernt, das ehrwürdige Grundgesetz des Aristoteles in Hinsicht des Abscheus der Natur vor dem Nichts umzustoßen, im Gegentheil liefere es erst recht ent-

schieden den Beweis für die Richtigkeit der Lehre, denn man dürfe ja nicht übersehen, daß darin auch festgestellt sei, wie sich Wasser in Luft und Luft in Wasser umwandeln könne. Wenn also bei der Saugpumpe das Wasser als solches dem emporgezogenen Kolben nur 18 Ellen hoch folgen könne, so sei damit noch nicht bewiesen, daß dasselbe nicht in Luftgestalt nachfolge. Und um ihrem Ausspruche das gehörige Gewicht zu geben, so unterließen sie nicht, noch einige kirchliche Salbung hinzuzufügen. Der Grundsatz, sagten sie, daß der Schöpfer in seiner Schöpfung kein Nichts dulden könne, sei eine so unumstößliche christliche Wahrheit, daß es eine übermüthige große Sünde wäre, ihn leugnen zu wollen.

Das war die gefürchtete Sprache der Erzfeinde Galilei's. Dagegen wagte er nicht ein Wort der Erwiderung. Das Jahr 1633 mit allen Qualen und Schrecken drängte sich in seine Erinnerung und mahnte ab. Daher begnügte sich der alte Mann damit, still innerlich über den Gegenstand nachzudenken. Die Resultate dieser Forschung bilden einen interessanten Abschnitt in Galilei's letztem Werke: „Mathematische Gespräche und Demonstrationen über zwei neue Wissenschaften der Mechanik." Diese Schrift stimmte der äußeren Einrichtung nach genau mit den weltberühmten „Dialogen" überein, welche so verhängnißvoll auf Galilei's Schicksal eingewirkt hatten. Es kamen auch in ihr wieder dieselben drei Personen Salviati, Sagredo und Simplicio vor, wovon der letztere ein frommer Scholastiker war, dem am Schlusse jeder Unterredung spottweise immer Recht gegeben wurde, obgleich man ihm den offenbaren Unsinn handgreiflich nachgewiesen hatte. Das Werk sollte eigentlich erst nach dem Tode Galilei's gedruckt erscheinen, wurde aber auf Betrieb des Grafen Noailles, der damals als französischer Gesandter am Hofe zu Florenz lebte, schon im Jahre 1638 gedruckt.

Mit ganz besonderem Interesse wird nun in dem ersten Theile des genannten Buches das Saugpumphänomen behandelt. Nachdem das Unhaltbare der scholastischen Erklärungsweise an den Tag gelegt worden ist, wird eine neue Theorie aufgestellt. Taucht man die Hand ins Wasser, heißt es darin, so lehrt die Erfahrung, daß dieselbe bei dem Herausziehen naß geworden ist, und dies kommt von der in den sich berührenden Materien selbst liegenden Anziehungs- oder Zusammenhangskraft. Der Versuch lehre zugleich auch noch, daß die Anhängungskraft des Wassers zur Hand größer sei als der Zusammenhang des Wassers in sich selbst. Dieselbe Kraft des Anhängens herrsche nun auch bei dem Kolben der Saugpumpe vor, und ziehe das Wasser gerade so hoch empor, bis das Gewicht dieser Flüssigkeitssäule größer geworden sei, als die Kraft des Zusammenhanges seiner Theile. Hiernach entspräche das Gewicht der emporgezogenen Wassersäule von 18 Fl. Ellen oder 32 R. Fuß genau der Zusammenhangskraft dieser Flüssigkeit. Simplicius ist dieser Erklärungsweise nicht abgeneigt, nur meint er, daß die Kraft des Anhängens des Wassers an den Kolben eben nichts Anderes sei, als der Abscheu der Natur vor dem Nichts. Man giebt ihm vollkommen Recht, bemerkt aber dabei, daß dieser Abscheu offenbar seine Grenzen habe, daß er schon durch das Gewicht einer Wassersäule von 18 Ellen Höhe überwunden werde.

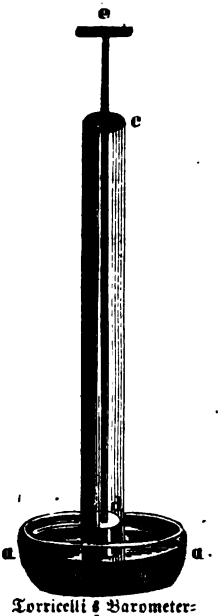
An einer andern Stelle dieser berühmten Gespräche widerlegte Galilei auch die Ansichten der Scholastiker, daß die Luft keine Schwere besitze. Wenn man Luft in eine Hohlkugel presse und diese mit einem dichten Hahn verschlossen halte, so zeige jede gute Wagschale, daß sie an Gewicht zugenommen habe. Und wenn man umgekehrt aus einer solchen Kugel durch Erhitzen Luft herausgetrieben habe und sie dann mit Hülfe des Hahns verschlossen halte, so zeige wieder die Wagschale, daß sie leichter geworden sei. Oeffne man den Hahn der Kugel, nachdem sie an der Wagschale ins Gleichgewicht gebracht worden, so höre man das Wiedereinströmen der Luft und die Kugel lege ihre Gewichtszunahme durch einen sichtbaren Ausschlag an den Tag. Es wird auch nachgewiesen, daß die Luft 400 mal leichter sei als das Wasser. Aus diesen Versuchen wäre nun mit Leichtigkeit der Schluß auf den Druck der Luft zu ziehen gewesen, wodurch die wahre Erklärung des Saugpumpenphänomens erst den eigentlichen Halt erhält, indeß sollte dieser Schritt von Galilei noch nicht gethan werden.

Im Jahre 1641 kam Evangelista Torricelli zu Galilei. Er war ihm durch seinen alten Freund Castelli zu Rom als ein ganz ausgezeichneter Mann empfohlen. Galilei war jetzt ganz erblindet und es that ihm daher sehr wohl mit einem jungen Gelehrten verkehren zu können, der rasch und tief in seine Ideen eingehen konnte. Er erkannte sogleich, daß er es hier mit einem genialen Geiste zu thun habe, der ganz zur Förderung der wahren Wissenschaft berufen sei. Daher kam es denn auch, daß Torricelli durch Galilei's warme Empfehlung zum Professor der mathematischen Naturwissenschaften nach Florenz berufen wurde. Hier füllte er die seit fast zehn Jahren verwaiste Lehrstelle des alten Galilei sehr würdig wieder aus und wirkte ganz im Geiste seines berühmten Vorgängers. Er interessirte sich auch lebhaft für das Galileische Saugpumpenphänomen. Ihm schien die Erklärung des Galilei nicht die richtige zu sein, und er hatte dazu folgenden Erfahrungsgrund. Wenn nämlich das Wasser in der Röhre dem Kolben bis auf 18 Ellen gefolgt war, so blieb dasselbe in der Höhe stehen, obgleich ihm durch das Offenlassen der unteren Röhrenöffnung Gelegenheit gegeben war, wieder hinabzufallen. Ferner zeigte die Erfahrung, daß das Wasser in der Röhre auch dann noch emporsteige, wenn der Kolben ursprünglich auch nicht ganz bis zur Berührung des Wassers hinabgetrieben sei; es hörte daher die Wirkung nicht auf, wenn man die angebliche Ursache weggenommen hatte. Diese Gründe respectirte der alte Galilei. Er spornte seinen jungen Freund an, den betretenen Weg zur Erforschung der wahren Natur des Phänomens weiter zu verfolgen, hatte aber nicht mehr die Freude, das wirkliche Gelingen zu erleben. Er starb 1642.

Unmittelbar nach Galilei's Tode im Jahre 1643 hatte Torricelli das Glück, das Saugpumpenphänomen so zu lösen, daß alle Zweifel an der Richtigkeit vollständig gehoben wurden. Wir wollen uns nun mit dieser ewig denkwürdigen Thatsache näher bekannt zu machen suchen.

In ein bis aa mit Wasser gefülltes Gefäß, sagte Torricelli, tauche die an beiden Enden offene, gleichweite Cylinderröhre bc, in welcher ein luftdicht an-

schließender Kolben d mit Hülfe des Stieles d e bis auf's Wasser hinabgetrieben ist. Die Luft als schwere Materie drückt nun auf die Wasserfläche a a des offenen Gefäßes; denselben Druck übt sie auch in der offenen Röhre b c auf den Kolben d aus. Sobald nun hierauf der Kolben d emporgezogen wird, so hebt man von dieser Seite den Luftdruck zugleich mit empor, und das Wasser unter dem Kolben wird jetzt nur noch von dem auf a a lastenden einseitigen Drucke gepreßt, woher es denn kommt, daß dasselbe diesem einseitigen Drucke nachgiebt und hinter dem Kolben emporsteigt. Dieses Emporsteigen muß natürlich dann seine höchste Grenze erreicht haben, sobald der Druck der Wassersäule in der Röhre b c dem atmosphärischen Drucke auf a a das Gleichgewicht hält. Und die Erfahrung hat gelehrt, daß dies bei einer Höhe von 18 Fl. Ellen oder 32 F. eintritt.



Torricelli's Barometerversuche.

Jetzt kam es darauf an, diese neue Theorie auch mit neuen Erfahrungsgründen zu unterstützen. Torricelli ließ nicht lange auf sich warten. Zunächst versuchte er die Sache mit Quecksilber statt mit Wasser. Er meinte, da das Quecksilber fast 14 mal schwerer ist als Wasser, so müsse auch die Quecksilbersäule, welche statt des Wassers dem Drucke der Luft das Gleichgewicht hielte, nur etwa den 14ten Theil von 32 F., d. i. 28 Zoll hoch sein. Er füllte das Gefäß in F. 1. bis a a voll Quecksilber, ließ die Röhre b c von Glas und 3 F. hoch sein, zog dann den Kolben d von dem Quecksilberspiegel in der Röhre empor; da folgte das Quecksilber nach, und blieb wirklich in der Höhe von 28 Zoll stehen, obgleich der Kolben noch höher hinaufgezogen wurde. Das war ein eben so entscheidender als folgereicher Versuch.

Ein Uebelstand stellte sich aber dabei ein, welcher sich gar nicht gut beseitigen lassen wollte. Wenn nämlich der Kolben in der Röhre emporgezogen war und das Quecksilber darnnter 28 Zoll hoch stand, so dauerte es doch immer nur wenige Stunden, daß sich das Quecksilber in dieser Höhe erhielt, nach und nach fiel es immer wieder zu Boden. Der Kolben ließ unverkennbar Luft durch. Selbst wenn über die obere Fläche des emporgezogenen Kolbens Wasser oder selbst Quecksilber gegossen ward, so wußte die Luft sich dennoch einen Weg in den luftleeren Raum zu bahnen. Nach mehreren vergeblichen Versuchen, diesen störenden Zutritt der Luft abzuhalten, kam Torricelli auf den Rath seines Freundes Viviani endlich doch zum erwünschten Ziele. Er schmolz das eine Ende seiner Glasröhre zu, füllte dieselbe ganz voll Quecksilber, verschloß das offene Ende mit dem Finger, richtete so die Röhre empor, stellte sie in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß und zog dann den verschließenden Finger von der Oeffnung hinweg. Da fiel das Quecksilber etwas in der Röhre, blieb aber dann unverändert auf der

Höhe von 28 Zoll stehen. Damit war nun der Satz bewahrheitet, daß eine Queckſilberſäule von ungefähr 28 Zoll Höhe dem Drucke der Atmoſphäre das Gleichgewicht halte. Die Natur hatte alſo keinen Abſcheu vor dem luftleeren Raume, denn über dem Queckſilber in der Röhre war ja das Vacuum, welches die Scholaſtiker ſo hartnäckig geläugnet hatten.

Der eben beſchriebene Apparat erhielt den Namen Torricellianiſche Röhre, ſowie das darin vorkommende Vacuum die Torricellianiſche Leere hieß.

Schon Torricelli machte von ſeiner neuen Erfindung viele lehrreiche Anwendung. So beſtätigte er damit den Galileiſchen Grundſatz, daß auch die Luft Gewicht beſitze, auf eine glänzende Weiſe. Er ließ dazu der drei Fuß langen an beiden Enden offenen Glasröhre dem einen Ende eine mit inneren Schraubengängen verſehene Eiſenfaſſung geben, ſo daß eine an ihrer Mündung ebenfalls mit Eiſenfaſſung verſehene hohle Glaskugel von etwa $^1/_2$ Fuß Durchmeſſer luftdicht daran geſchraubt werden konnte. Bei dem Gebrauche wurden Kugel und Röhre in ihrer communicirenden Verbindung ganz voll Queckſilber gefüllt, unter luftdichtem Verſchluß umgekehrt und wie bei der Torricellianiſchen Röhre in ein Gefäß unter Queckſilber getaucht. Sowie nun das untere untertauchende Röhrenende frei gemacht wurde, ſank das flüſſige Metall ganz aus der Kugel hinab und nahm in der Röhre ſeinen 28 Zoll hohen Stand an. Die auf dieſe Weiſe luftleer gemachte Glaskugel wurde mit Hülfe ihres Hahnes luftdicht verſchloſſen, von der Röhre abgeſchraubt, auf die Wagſchale gebracht und das Gleichgewicht hergeſtellt. Jetzt öffnete Torricelli den Hahn der Kugel. Die Luft ſtrömte mit Geräuſch ein, und bewirkte einen ſtarken Ausſchlag der Wagſchale. Daraus folgte alſo, daß die Luft ſchwer ſei und daß ſie ſich ſogar abwägen ließ. Auf dieſem Wege fand nun Torricelli, daß die Luft 800 mal leichter ſei als das Waſſer. Dieſes Reſultat ſtimmte faſt ganz genau mit dem zuſammen, was wir jetzt für das richtige anſehen.

Torricelli ſtarb jedoch ſchon im Jahre 1647, kaum erſt 39 Jahre alt. Seine Erfindung lebte aber ſehr beachtet fort, und er hatte zunächſt das Glück, in Pascal einen eben ſo eifrigen als hochbegabten Nachfolger zu finden. Dieſer hatte ſich mit der Röhre Torricelli's auch vielfach beſchäftigt, konnte indeß immer noch nicht einige Zweifel beſiegen, welche ſich auf das Vacuum bezogen. Er correſpondirte darüber mit ſeinem Freunde Descartes und das Reſultat dieſes Briefwechſels concentrirte ſich in eine Frage, welche erſt noch durch die Erfahrung zu beantworten war. Wenn es nämlich wahr ſei, daß die Queckſilberſäule in der Torricellianiſchen Röhre dem Drucke der Atmoſphäre das Gleichgewicht halte, ſo müſſe ſie nothwendig auch niedriger werden, ſobald man mit dem Apparate auf hohe Berge ſteige, weil der atmoſphäriſche Druck gerade um die durchſtiegenen unteren Luftſchichten geringer geworden wäre. Pascal ward durch ſeine Kränklichkeit behindert, dieſen entſcheidenden Verſuch ſelbſt anzuſtellen, und er bat deshalb ſeinen Schwager Perrier, mit der Torricellianiſchen Röhre auf den benachbarten, etwa 5000 F. hohen Puy de Dome in der Auvergne zu

steigen. Die Sache wurde 1648 ausgeführt, und es ergab sich, daß das Queckſilber oben auf dem Gipfel des Berges um drei volle Zoll tiefer ſtand, als unten am Fuße deſſelben. So wurde nun auch der geiſtreiche Pascal für Torricelli's Lehre gewonnen und er unterließ es wahrlich nicht, offen und frei dafür in die Schranken zu treten. Er war es auch, welcher zu allererſt die Idee aufſtellte, daß die Erfindung Torricelli's ſich vortrefflich dazu eigne, die Höhen der Berge auszumeſſen, welche in unſeren Tagen ſo fruchtbar gemacht und zu einer bewundernswürdigen Vollkommenheit ausgebildet worden iſt. Wir werden ſpäter Gelegenheit nehmen, dieſen praktiſchen Punkt noch mehr zu entwickeln.

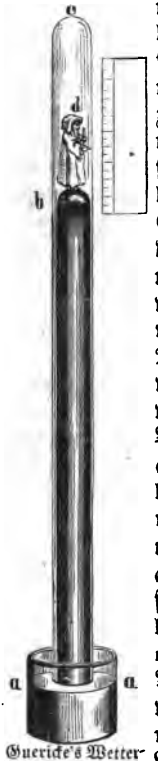
Mit Pascal vereinigten ſich jetzt alle unbefangenen Naturforſcher in der Anſicht, daß die Queckſilberſäule der Torricelliniſchen Röhre von nichts Anderem emporgehalten werde, als von dem einſeitigen Drucke der Atmoſphäre, daß dieſelbe der Schwere der Luft das Gleichgewicht halte. Man gab ihr daher auch den Namen Barometer. Dieſer ſagt eigentlich nur ſoviel als Schwermeſſer, und bekommt erſt Sinn, wenn man Barometer der Luft ſagt. Indeß die Wege der Benennung der Gegenſtände ſind oft wunderlich genug, es geht nicht anders, man muß dem ſich bahnbrechenden Sprachgebrauche folgen und ihn reſpectiren, wenn man nicht ſelbſt zum Sonderling werden will.

Schon Torricelli hatte aus der fleißigen Beobachtung ſeines Barometers erkannt, daß die Höhe der Queckſilberſäule nicht unveränderlich dieſelbe bleibe. Er legte aber nicht viel Gewicht darauf, und ſah darin nur einen Beweis für die Veränderlichkeit des Luftdrucks. Pascal machte auch dieſe Wahrnehmung, ging aber in ſeinen Folgerungen ſchon einen Schritt weiter. Er meinte nämlich, zwiſchen dem Steigen und Fallen des Barometers und dem Wechſel des Wetters einen gewiſſen Zuſammenhang herausgefunden zu haben, und dachte ſchon an das Feſtſtellen einer Regel. Ihm ſchien das Queckſilber im Barometer jedesmal am tiefſten zu ſtehen, wenn das Wetter windſtill, klar und ſonnig war, oder doch bald werden wollte; wenn dagegen das Barometer einen hohen Stand eingenommen hatte, ſo pflegte ſich der Himmel nach ſeiner Meinung mit Wolken zu bedecken und zu Regen und Wind vorzubereiten. Er ſuchte ſeine Anſicht auch mit Gründen zu unterſtützen, wobei als Hauptſache hervorgehoben wurde, daß die Luft am ſchwerſten ſein müſſe, wenn ſie bis zur Wolkenbildung und zum Regen mit Waſſerdunſt geſättigt ſei, und daß die Luft am leichteſten wäre, wenn ſie nicht einmal zum Wolkenbilden Waſſerdunſt in ſich trüge. Indeß fand die Pascal'ſche Wetterregel nicht viel Beifall, weil ſie nur ſelten, nur ausnahmsweiſe mit der Wirklichkeit übereinſtimmte. Daher kam es denn, daß Männer auftraten, welche jene Regel geradezu umkehrten.

Zu dieſen Gegnern gehörte vorzugsweiſe Otto von Guericke. Dieſer hatte ſeit Jahren das Steigen und Fallen des Barometers ſehr ſorgfältig beobachtet und mit dem Wetter in Vergleich gebracht. Ihm ſchien nach dieſer Erfahrung das Steigen des Barometers immer auf ein bald nachfolgendes gutes Wetter zu deuten, wobei der Himmel wolkenfrei und die Luft windſtill werde; dagegen deute das Fallen des Barometers immer auf Wind und Regen. Uebri-

gens hatte er für dieses Gesetz gar keinen tiefern Grund, als daß ihn wiederholte Erfahrung zum Aufstellen desselben genöthigt habe. Die Sache gewann aber erst Halt und allgemeine Beachtung, als eine im Jahre 1661 gemachte Wetterprophezeiung genau zutraf. Otto von Guericke hatte nämlich beobachtet, daß das Queckſilber in ſeinem Barometer ſehr tief gefallen war und er ſchloß daraus auf einen wahrſcheinlich bald nachfolgenden Sturm. Dieſe Vermuthung des berühmten Mannes lief von Mund zu Mund, und war raſch durch die ganze Stadt verbreitet. Zwei Stunden ſpäter brach nun auch wirklich der prophezeite Sturm mit furchtbarer Gewalt über Magdeburg los. Das war ein Ereigniß, welches ganz dazu geeignet war, die Aufmerkſamkeit des großen Publikums mit feſſelnder Kraft dem Barometer zuzuwenden. Alle öffentlichen Blätter waren voll davon. Auch wurde bei dieſer Gelegenheit der von Guericke eingeführte Name Wetterglas für Barometer ein ziemlich allgemein gebräuchlicher.

Das Guericke'ſche Wetterglas war auch in Hinſicht der äußeren Form merklich verſchieden von dem urſprünglichen Barometer. Er brachte oben in das Vacuum b c einer etwas weiten, mit Queckſilber gefüllten Barometerröhre eine aus Holz geſchnitzte bunt bemalte Prophetenfigur, welche mit dem Finger auf eine Scala zeigte, wodurch das Steigen und Fallen des Queckſilbers wahrnehmbar gemacht wurde. Auf der Scala waren die dem Queckſilberſtande entſprechenden Witterungsbeziehungen angegeben, wie z. B. beſtändig, ſchön Wetter, veränderlich, Regen, Wind und Sturm. Uebrigens wurde das Barometer unter irgend einer dem Auge wohlgefälligen Vorrichtung verſteckt gehalten, ſo daß nur das Wettermännchen neben den prophetiſchen Namen ſichtbar war. Später erſetzte man das innere Männchen durch einen verſchiebbaren einfachen Zeiger, welcher außen angebracht war. Das Ganze ließ ſich ſo leichter und bedeutend billiger herſtellen, weil die Barometerröhre viel enger ſein konnte und daher viel weniger Queckſilber faßte. In dieſer letztern Form kommt das Barometer noch heute am häufigſten vor, obgleich daſſelbe daneben auch die vielfältigſten Umgeſtaltungen erlebt hat. Die Wetterbenennungen ſpielten früher eine ſehr wichtige Rolle bei dem Barometer; man begnügte ſich nicht blos wie jetzt mit einer Winter- und Sommerſcala, ſondern brachte einen förmlichen Wetterkalender an, der ſich auf alle zwölf Monate des Jahres bezog. Die Erfahrung hat indeß zur Genüge gelehrt, daß auch ſelbſt das noch beibehaltene Wenige recht gut über Bord geworfen werden könnte, ohne dem eigentlichen Barometer als Wetterglas den geringſten Abbruch zu thun. Das Inſtrument beſitzt in der That eine wahrſagende Kraft, die aber erſt dann auf vernünftigen Gründen ruhet, wenn man damit den Windwechſel, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit in Verbindung bringt und die geographiſche



Guericke's Wettermännchen.

Lage des Ortes nicht unberücksichtigt läßt. Die späteren Untersuchungen werden dies vollkommen bestätigen.

Am Schlusse des siebzehnten Jahrhunderts entspann sich ein heftiger Streit zwischen dem Professor Ramazzini zu Padua und dem Professor Schellhammer zu Kiel über das Barometer als Wetterglas, wodurch auf einmal Alles wieder in Frage gestellt wurde, was man auf dem Wege der Erfahrung herausgefunden zu haben glaubte. Schellhammer erklärte ganz unumwunden, daß die Vorstellung, welche man nach Otto von Guericke von der Wetterbeziehung des Barometers habe, eine durchaus unrichtige sein müsse, denn das Quecksilber stehe darin am niedrigsten, so oft die Luft recht schwer und dicht mit Wasserdunst gesättigt und Regen im Anzuge sei; am Ende habe Pascal doch das Rechte getroffen, und man sei zu voreilig zu der neuen Ansicht übergegangen. Darauf entgegnete Ramazzini, daß diese Einrede gar nicht so gefährlich sei, als sie den Schein für sich habe. Herr Schellhammer scheine zunächst ganz zu übersehen, daß das Barometer in seiner Hauptbedeutung ein Schwermesser der Luft sei, daß man davon zu viel verlange, wenn es zugleich auch ein Schwermesser des Luftwassers sein solle; das Barometer messe Nichts weiter als den Druck der wasserfreien Luft. Schellhammer ließ nicht lange auf seine Vertheidigung warten. Er meinte, es sei gar kein vernünftiger Grund vorhanden, daß der Druck der Luft unabhängig sei von ihrem Wassergehalte; und wollte man dies auch zugestehen, so fehle es wieder an jeder Veranlassung zum Steigen und Fallen des Barometers, da es doch sehr wahrscheinlich wäre, daß die Quantität der reinen atmosphärischen Luft eben so unveränderlich dieselbe bleibe, wie die der ganzen Erdfeste; dann sei es aber sehr ungereimt, das Barometer überhaupt noch als Wetterglas in Anwendung bringen zu wollen. In dieser Weise dauerte der Streit zwei volle Jahre, von 1696 bis 1698; er wurde immer heftiger und es war an eine Einigung der Parteien gar nicht zu denken. Da wandte sich Ramazzini an unsern Leibnitz, der damals allgemein für den größten Denker im Fache der mathematischen Naturkunde galt, und bat denselben um seine Ansicht, damit der Streit endlich einmal aufhöre. Der große Deutsche entschied in der Sache auf eine eben so überraschende als denkwürdige Weise. Zunächst erklärte er freimüthig und fest, daß beide Parteien Unrecht hätten. Ihr ganzer Streit laufe auf Wortklauberei hinaus, und treffe nirgends den eigentlichen Kernpunkt der Sache selbst. Dann sagte er:

> Die Dünste der Luft drücken mit der Luft gemeinschaftlich, so lange sie davon getragen werden; sobald sie aber in Tropfen zusammenfließen und als Regen zur Erde fallen, so werden sie nicht mehr von der Luft getragen, können daher auch nicht mehr mit ihr gemeinschaftlich drücken und das Quecksilber im Barometer muß fallen.

Zur Bewahrheitung dieser für das Wetterglas epochemachenden Ansicht brachte Leibnitz auch noch einen Versuch in Vorschlag, der die ganze Sache erst recht anschaulich darstellte, mit dem wir uns jetzt bekannt zu machen haben. Es

kam nämlich hauptsächlich darauf an, nachzuweisen, daß das fallende Wasser nicht auf die Luft drücke, in welcher es falle. Dieser Beweis ließ sich direct nicht gut geben. Man konnte aber seine Richtigkeit nicht bezweifeln, sobald nur nachgewiesen war, daß ein in Wasser fallender schwerer Körper nicht auf das Wasser drückt, in welchem er fällt. Und dies war es nun gerade, was Leibnitz durch den Versuch beweisen wollte.

Man hänge an den einen Arm einer empfindlichen Wagschale eine unten verschlossene mit Wasser gefüllte Cylinderröhre, lege auf den Wasserspiegel derselben eine kleine hohle Kugel von Blei oder irgend einem anderen schweren Material, welche aber durch die in ihr befindliche Luft leichter ist als Wasser, und daher von ihm getragen wird. Auf der andern Seite der Wagschale stelle man das Gleichgewicht her. Bringt man dann die Hohlkugel mit der gerade zu diesem Zwecke an ihr angebrachten Oeffnung in eine solche Lage, daß sie sich mit Wasser füllen kann, so sinkt sie in der Wasserröhre nieder und die Wagschale giebt während dieses Fallens der Kugel im Wasser einen merklichen Ausschlag und es ist gerade so, als wenn die Wasserröhre um das Gewicht der Hohlkugel leichter geworden wäre. Sobald aber der sinkende Körper den Boden der Wasserröhre erreicht hat, stellt sich das ursprüngliche Gleichgewicht wieder her.

Als man diesen Versuch anstellte, so wollte er nicht recht glücken und es wurden schon hier und dort einige Zweifel laut über die Richtigkeit der Leibnitz'schen Theorie. Später wies aber Leibnitz die Fehler im Experimentiren nach und hatte nun die Freude, daß man von allen Seiten mit triumphirendem Jubel den Erfolg verkündete. Man hatte die Röhre zu kurz und den Hohlkörper zu leicht sein lassen. Als man nun auf Leibnitz' Rath die Röhre vier bis fünf Fuß lang und einen ganzen Zoll weit wählte und den Hohlkörper in einer länglichen Cylinderform fast ein ganzes Pfund schwer sein ließ, da gelang der Versuch vortrefflich. Jetzt läßt man diesen Bleikörper ganz massiv sein und hängt denselben mittelst eines feinen Fadens am Ringe der Röhre auf, so daß er darin ganz unter Wasser taucht; wird dann der Faden durchschnitten, so sinkt der Körper und es stellt sich auf der entgegengesetzten Seite der Wagschale ein sichtbarer Ausschlag her, der jedes mal genau dem Uebergewicht des schweren Körpers im Vergleich zu dem Wasser entspricht.

Seit dieser interessanten Beweisführung durch Leibnitz hielt man es für eine ausgemachte Sache, daß das Fallen des Barometers hauptsächlich von dem Fallen des Regens abhängig sei. Diese Ansicht erhielt sich lange für eine unumstößlich wahre, später gesellte sich aber noch die Vermuthung hinzu, daß auch noch mancherlei andere Ursachen das Barometerfallen bewirken könnten, und eine sorgfältig durchgeführte Untersuchung stellte es auch für rein unmöglich heraus, daß die genannte Ursache allein genügen könne. Denn das Fallen des Quecksilbers im Barometer beträgt in Europa während eines einzigen Tages oft 6 Linien; es müßte also das Wasser, welches an einem solchen Tage als Regen zur Erde fiele, einer Quecksilbersäule von 6 Linien Höhe das Gleichgewicht halten, und da das Wasser $13^1/_2$ mal leichter ist als Quecksilber, so wäre die Wasser-

säule, welche der des Queckſilbers entſpräche, 81 Linien oder 6 Zoll 9 Linien hoch. Das iſt aber ein Reſultat, welches weit über alle Erfahrung hinaus liegt, denn die durchſchnittlich größte Regenmenge liefert für den Tag höchſtens nur einen Zoll hoch Waſſer. Und wenn unter der Tropenzone während der Regenzeit wol hier und da eine ſolche Regenmenge von faſt 7 Zoll Höhe des Tages vom Himmel fallen kann, ſo iſt es auch wieder bekannt, daß gerade hier das Steigen und Fallen des Barometers immer nur ſehr gering iſt und ſich nie zu einer Tagesdifferenz von 6 Linien ſteigern kann. Daraus folgt alſo ganz offenbar, daß der Regen allein das Fallen des Barometers nicht bewirken kann. Ohnehin lehrt ja auch die Erfahrung, daß das Barometer manchmal fällt, ohne daß Regen darauf erfolgt; auch fehlt es nicht an Fällen, wo es bei ganz feſtem hohen Barometerſtande geregnet hat. Es müſſen alſo noch andere Urſachen mitwirken.

Bei dem Nachdenken über dieſen Punkt kam man auch bald zu einer neuen Wahrſcheinlichkeit, welche Licht in die Sache zu bringen verſprach. Die Erfahrung hatte nämlich ebenfalls gelehrt, daß das Fallen und Steigen des Barometers auch in gewiſſer Hinſicht zur Bewegung der Luft ſtehen müſſe. Wir erinnern in dieſer Beziehung nur einmal an die berühmte Prophezeiung des Sturms durch Otto von Guericke. Unter den alten Gelehrten war es beſonders Halley, welcher alle Schwankungen des Barometers durch die Winde der Atmoſphäre erklären wollte; ging er in dieſer Beziehung wol etwas zu weit, ſo waren ſeine Gründe doch auch wieder der Art, daß ſie ſehr gewichtvoll in die Wage fielen. Er ſagte, wenn die Luft ruhet, ſo drückt ſie mit ihrem ganzen Gewichte hinab, und das Queckſilber im Barometer muß, dieſem Druck entſprechend, am höchſten ſtehen; ſobald aber die Luft in horizontaler Richtung bewegt iſt, ſo geht ein Theil ihres ſenkrechten Druckes verloren, der um ſo größer ausfallen muß, je raſcher die Bewegung und je größer das Quantum der bewegten Luft iſt, und in demſelben Maße muß dann auch das Barometer fallen. Da ferner die Winde oft mit einander in Kampf gerathen, ſo fehlt es nicht an der Möglichkeit, daß über einem Orte, wo entgegengeſetzte Horizontalwinde zuſammenſtoßen, ſich die Luft anhäuft und dann ſtärker auf das Queckſilber im Barometer drückt, ſo daß das Steigen deſſelben auf das Ende jenes Windkampfes, auf Windſtille, hindeutet. Halley's berühmter Name und das Handgreifliche ſeiner Theorie gewannen ihm einen großen Anhang. Man ließ es auch übrigens nicht an populären Erklärungsverſuchen fehlen, wodurch das Ganze noch mehr Vertrauen und Halt gewinnen konnte. So ſagte man z. B., es ſei bekannt, daß das dünne Eis den ruhend darauf ſtehenden Knaben oft nicht tragen könne, aber dennoch unter den raſch hinübergleitenden Füßen deſſelben nicht einbräche, woraus offenbar hervorgehe, daß die ſchnelle horizontale Bewegung den ſenkrechten Druck vermindere. Andere brachten über dem offenen Gefäß des Barometers einen ſtarken horizontalen Luftſtrom an und hatten die Freude, dadurch ein wirkliches Fallen des Barometers bewirkt zu ſehen. Aber dennoch wollte auch dieſe Theorie nicht genau mit der Erfahrung zuſammenpaſſen, als

man anfing sie zu prüfen, und es fehlten dann auch wieder die Gründe nicht, warum dies nicht möglich sein könne.

Nach Halley's Ansicht, sagte man, müßte ein horizontal bewegter Körper weniger stark senkrecht hinabdrücken als ein ruhender, folglich müsse er dadurch an Gewicht verloren haben; das widerspräche aber nicht blos dem Vernunftgesetze der Mechanik, sondern auch der unmittelbaren Erfahrung, denn ein auf einer Wagschale in Bewegung gesetzter Kreisel zeige nicht den geringsten Gewichtsverlust, er wiege während seiner horizontalen Bewegung genau eben soviel, als wenn er ruhe. Wenn der auf dem Eise schlickernde Knabe nicht so leicht einbräche als der ruhende, so geschehe dies nicht dadurch, daß er leichter würde, sondern daher, daß zum Einbrechen auch Zeit erforderlich sei, und wo diese fehle, auch jenes nicht eintreten könne. Dann dürfe auch nicht übersehen werden, daß hierbei das unter dem Eise befindliche Wasser mit thätig wäre, von dem es zu bekannt sei, daß es selbst eine Kanonenkugel, welche unter spitzem Winkel auf seine Oberfläche geschossen wäre, nicht einsinken lasse, sondern zurückprallend wieder auswürfe, wobei ebenfalls das Wasser nicht Zeit genug habe, dem plötzlichen Drucke der Kugel zu weichen. Solche Einreden hatten sehr viel Schein für sich und schwächten daher den Glauben an Halley's Theorie, indeß fehlte es doch auch nicht an ruhigen Denkern, welche klar erkannten und nachwiesen, daß die Gegner in einer starken Täuschung befangen seien. Denn wenn Halley von einer Verminderung des Druckes gesprochen hat, sagten sie, so war er doch weit davon entfernt, an eine wirkliche Verringerung des Gewichtes des horizontal bewegten Körpers zu denken. Das Gewicht eines Körpers kann natürlich nie verloren gehen, aber es wird durch die rasche, horizontale, fortgleitende Bewegung seines Trägers auf mehr Punkte seiner Unterlage vertheilt, als wenn der Körper auf einem und demselben Platze ruhet. Besonders paßt aber das Beispiel mit dem Kreisel auf der Wagschale gar nicht, denn hier liegt der ganze Druck des Körpers auf der die Schale berührenden Spitze desselben, und wenn er sich auf seiner Unterlage auch fortgleitend bewegen sollte, so hat die hierdurch bewirkte Vertheilung des Druckes wieder gar keinen Einfluß auf den einzigen Anknüpfspunkt der Schale, in welchem die ganze Belastung doch immer wieder concentrirt wird. Und das Beispiel mit dem Abprall der schräg auf's Wasser geschossenen Kanonenkugel spricht nicht gegen Halley, sondern ganz zu seinen Gunsten, sobald man's nur in seinem Sinne richtig würdigt. Daher ist man selbst in unsern Tagen gar nicht abgeneigt anzunehmen, daß die Luftbewegungen nach der Ansicht Halley's recht gut mit dazu beitragen können, die Schwankungen des Barometers zu erzeugen und daß diese Windtheorie der Leibnitz'schen Regentheorie nicht entgegen steht, sondern daß beide ganz friedlich neben einander bestehen können, ohne sich einander auszuschließen.

Wir haben nun zwei Ursachen für die Schwankungen des Barometers kennen gelernt, damit könnten wir uns eigentlich schon vollkommen begnügen; indeß hat man sich doch überzeugt, daß dadurch das Phänomen noch lange nicht in seinem ganzen Umfange zu erklären ist. Der Wechsel der Wärme hat auch

seinen Einfluß, er darf nicht unberücksichtigt gelassen werden. Wer nur etwas aufmerksam auf den Gang der Temperatur ist, wird sogleich herausfinden, daß der kalte Nord- und Ostwind jedesmal ein Steigen des Barometers zur Folge hat, während die warmen Süd- und Westwinde immer mit einem Sinken desselben verbunden sind. Die Sache hat im Allgemeinen ihre Richtigkeit, nur kann sie nie Anspruch machen auf die Sicherheit und Unwandelbarkeit eines Naturgesetzes, denn das Barometer steht in den heißesten Sommertagen eben so hoch, wenn nicht noch etwas höher, als in den kältesten Wintertagen; auch steht es in den heißesten Erdstrichen durchschnittlich immer höher als in den übrigen. Aber dennoch ist der Einfluß nicht zu läugnen, und es war besonders Sauſſure, welcher dem Gegenstande seine ganze Aufmerksamkeit widmete und sogar durch Versuche herausfand, daß das Queckſilber des Barometers schon um 22 volle Linien falle, sobald die über ihm drückende Luft nur um 16° R. höher erwärmt wurde. Nach der Lehre der Wärme ist bekannt, wie in der höher erwärmten Luft das Streben rege wird, empor zu steigen. Eine Bewegung der Luft von unten nach oben muß aber dem Luftdrucke noch viel mehr Abbruch thun als die horizontalen Luftbewegungen, von denen oben bei der Halley'schen Hypotheſe schon die Rede war. Wir wollen daher gar nicht in Abrede stellen, daß die thermiſchen Einwirkungen ebenfalls ihre wohlberechtigte Berücksichtigung verdienen, indeß müſſen wir uns hier noch enthalten, tiefer in die Sache einzugehen, weil wir später ausführlich über den Einfluß der Wärme auf unsere Atmoſphäre reden werden. Vorläufig wollen wir nur bemerken, daß es den Vertretern dieſer Wärmetheorie des Barometers zu empfehlen ist, sich zu beſcheiden und nicht daran zu denken, das Regiment allein behalten zu wollen; ſie haben ſich als wohlberechtigte Theilhaber an der Erklärung der Barometererſcheinungen zu den vorhin schon erwähnten beiden Klaſſen von Naturforſchern zu geſellen und mit ihnen gemeinſchaftliche Sache zu machen.

Noch andere Naturforſcher waren der Meinung, daß der Mond einen Haupteinfluß auf das Steigen und Fallen des Barometers ausübe. Allerdings ist nicht zu verkennen, daß dieſer treue Gefährte der Erde eben ſo in der Atmoſphäre wie in dem großen Weltmeere eine Ebbe und Flut bewirke; aber wenn dies auch zugeſtanden wird, ſo folgt daraus doch noch gar nicht, daß die Barometerſchwankungen eine Folge der atmoſphäriſchen Ebbe und Flut ſind, und es läßt ſich Vieles anführen, was nicht zu Gunſten dieſer neuen Anſicht ſpricht. Zunächſt lehrt die Erfahrung, daß das Barometer ganz und gar nicht ſo regelmäßig ſteigt und fällt, wie man's von einer atmoſphäriſchen Ebbe und Flut mit Recht erwarten kann. Dann darf dabei aber ja nicht außer Acht bleiben, daß die Erſcheinung von Ebbe und Flut im Waſſer wie in der Luft nichts Anderes ist als ein Akt der Ausgleichung, wobei die durch die Mondesanziehung bewirkte Verminderung der Erdſchwere durch Anhäufung der flüſſigen Materie wieder ins Gleichgewicht gebracht wird, wodurch alſo die Barometerſchwankungen viel eher aufgehoben und behindert, als wirklich erzeugt werden können. Damit ſtimmen auch ſehr ſorgfältig und ſcharf angeſtellte Barometer-

beobachtungen genau überein. Man hat mit Mühe einige Wahrnehmungen am Barometer gemacht, welche auf eine atmosphärische Ebbe und Flut hindeuten, aber sie ist sehr gering und so gut wie gar nicht zu berücksichtigen, wenn die eigentlichen Schwankungen in Betracht kommen. Wir denken also nicht daran, diese Ansicht auf Leben und Tod bekämpfen zu wollen. Wir geben dem Mondeseinflusse als mitwirkende Ursache gern sein Recht, nur können wir ihn nicht für bedeutend halten.

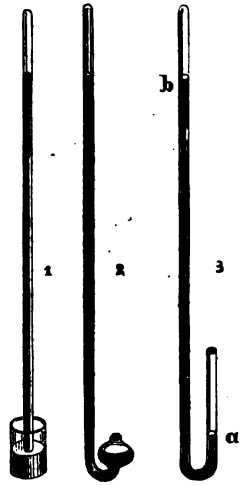
Zu Ende des vorigen Jahrhunderts erntete eine von Deluc aufgestellte Barometertheorie ungemein viel Beifall ein, ihr Glück dauerte aber nur kurze Zeit, sie ist längst wieder vergessen, und auch wir würden jetzt gar nicht mehr die Rede darauf gebracht haben, wenn sie nicht eine Seite der Wetterkunde berührte, die für uns ein ganz neues, belehrendes Interesse hätte. Das Wasser der Erde, sagt Deluc, ist in fortwährender Verdunstung begriffen, auch weiß man, daß der Wasserdunst leichter ist als die untere, seinen Entstehungsort überlagernde Luft, er muß also in dieser emporsteigen und dieselbe zum Theil mit sich emporbewegen; dadurch wird aber der senkrechte Druck der Atmosphäre vermindert und das Barometer muß fallen und zwar um so stärker, je lebhafter der Verdunstungsproceß vor sich geht. Die Luft kann aber immer nur eine genau bestimmte, ihrem Temperaturzustande proportionale Menge Wasserdunst tragen, und es müssen Zeiten eintreten, wo sie gesättigt ist, welches natürlich in der obersten Region sich zuerst ereignen muß. Dann verdichtet sich der Dunst zu sichtbaren Wolken und diese zu Regen, der zu Boden fällt, wodurch wieder ein Fallen des Barometers eintritt. Jetzt nimmt aber die schwere Luft ihren ursprünglichen Platz wieder ein, sie senkt sich und bewirkt ein Steigen des Wetterglases. Ferner wird auch noch darauf aufmerksam gemacht, daß mit dieser von dem Verdunstungsprozesse abhängigen Bewegung der Luft auch das Entstehen und Vergehen der Winde in natürlichen Zusammenhang zu bringen sei. — Man sieht, die ganze Darstellung hat etwas Klares, leicht Faßliches, was für dieselbe einnimmt. Aber dennoch ruhet sie auf einem wenig oder gar nicht zuverlässigen Boden. Zunächst müßten nach dieser Theorie die Barometerschwankungen da am stärksten vorkommen, wo der Verdunstungsprozeß am lebhaftesten thätig ist und der Regen am reichlichsten niederfällt; dies wäre in der heißen Zone zur Zeit der Periodenregen, aber hier ist dann das Steigen und Fallen des Barometers so gering, daß es kaum in Betracht gezogen werden kann. Humboldt und alle anderen Tropenreisenden haben uns darüber belehrt, daß überhaupt die Schwankungen des Barometers um so schwächer werden, je mehr man sich dem Aequator nähert. Dann hat man auf dem Wege der Erfahrung gefunden, daß die ganze Atmosphäre höchstens nur $\frac{1}{168}$ Wasserdampf tragen kann; nun ist aber der 168ste Theil von 28 Zoll nur zwei Linien groß, fiele also auch, wie es wol schwerlich je zu erwarten steht, der ganze Wasserdunstgehalt der gesättigten Atmosphäre als Regen nieder, so könnte das Barometer dennoch höchstens nur um 2 Linien fallen. Nun lehrt aber die Erfahrung, daß der Spielraum des Steigens und Fallens unseres Barometers recht gut

22 Linien beträgt, also wiche die Lehre Deluc's um mehr als $\frac{1}{11}$ von der Wirklichkeit ab. Deluc erkannte auch später die Schwäche seiner Theorie selbst und er suchte dieselbe dadurch zu verbessern, daß er die alte Aristotelische Ansicht zu Hülfe rief, wonach der Wasserdampf zu wirklicher atmosphärischer Luft werden könne. Das paßte nun noch weniger zu unserer heutigen Einsicht. Aber ungeachtet aller Ausstellungen, welche man mit vollem Recht dieser Theorie gemacht hat, besitzt sie dennoch eine mithelfende Kraft, wovon wir uns aber erst später überzeugen können, wenn wir den Einfluß der Wärme auf die Luft zu einer speciellen Untersuchung gemacht haben werden.

Manche Erklärungsversuche der Barometerschwankungen haben jetzt weiter kein Interesse, als daß sie zu unserer Belustigung beitragen. Wir gehen schnell darüber hinweg. Von einer Seite machte man sich die Sache dadurch sehr leicht, daß man geradezu annahm, es wohne dem Quecksilber von Natur eine Kraft inne, wodurch es seine wunderbaren Schwankungen an den Tag lege, sie stellten die Veränderung des Luftdruckes ganz entschieden in Abrede, weil die Luftmenge der Erde sich weder vermehren noch vermindern könne. Solche Ansichten und Aussprüche klingen zu sehr nach denen des Simplicius in Galilei's Dialogen, es ist schwer dagegen anzukämpfen; man thut am besten, sie in dem süßen Bewußtsein ihrer Richtigkeit nicht weiter zu stören. — Andere gaben sich auch noch die Mühe, die dem Quecksilber zugeschriebene Eigenthümlichkeit zu erklären, sie meinten, in seinen Poren sei Luft und Wasser abgesperrt, wodurch die Schwankungen mit den Wetterveränderungen in einem gewissen Zusammenhange ständen, indeß änderte sich das Phänomen wenig oder gar nicht, als man das Quecksilber in der Röhre durch sorgfältiges Auskochen von aller Luft und Feuchtigkeit ganz frei gemacht hatte. Dies führte wenigstens das Gute herbei, daß man erkannte, wie das Barometer durch ein solches Auskochen an Zuverlässigkeit gewann. — Noch Andere sagten, aus den unterirdischen großen Wasserbehältern stiegen fortwährend Dünste empor, welche die Luft nach oben bewegten und dadurch das Fallen des Quecksilbers im Barometer bewirkten, sobald indeß die Luft übersätigt sei mit Wasserdunst, so fiele derselbe als Regen wieder zur Erde nieder und diese fallende Bewegung des schwereren Wassers dränge die Luft hinab, wodurch denn das Steigen des Barometers bewirkt werde. Die hier ohne Weiters angenommenen unterirdischen großen Wasserbehälter haben sich aber in der Wirklichkeit nie in dem Maße auffinden lassen wollen, wie die Phantasie dieselben ersonnen hat; auch hat die Erfahrung in Bezug auf das Steigen und Fallen des Barometers fast immer das directe Gegentheil gelehrt.

Die ursprüngliche Form des Barometers, in welcher dasselbe durch Torricelli zuerst ins Leben trat, ist vielfachen Veränderungen unterworfen gewesen, theils um dem Apparate ein größeres Feld der Beobachtung in Bezug auf seine Schwankungen zu geben, theils aber auch um ihn zweckmäßiger zum Transporte einzurichten, theils endlich, um genauere Abmessungen daran vornehmen zu können. Vieles davon ist jetzt längst wieder vergessen, weil es sich nicht als Verbesserung bewährt hat; Anderes wurde aufgegeben, weil die Praxis nicht im Stande war

auszuführen, was die Theorie ersonnen hatte, und so kam es denn, daß man fast immer wieder zu der Anfangsform zurückkehrte. Wir wollen hier nur noch bemerken, daß man die jetzigen Quecksilberbarometer in zwei Klassen theilt, in das Gefäßbarometer und das Heberbarometer. Bei dem erstern taucht die mit Quecksilber gefüllte Röhre entweder in ein für sich bestehendes Gefäß, wie dies durch Nr. 1 der nebenstehenden Figur anschaulich gemacht worden ist, oder sie läuft wie in Nr. 2 unten etwas nach oben gebogen in ein damit verbundenes Gefäß aus. Dieses Gefäß ist im Vergleich des innern Durchmessers der Röhre sehr weit, so daß das Steigen und Fallen des Quecksilbers darin für verschwindend klein zu nehmen ist, welches den Schwankungen im Vacuum so gut wie gar keinen Abbruch thut. Bei dem Heberbarometer Nr. 3 ist das untere offene Ende der überall gleich weiten Röhre heberförmig nach oben gebogen, so daß das Quecksilber unten in a eben soviel sinkt, als es oben in b steigt, und umgekehrt, wobei also die wahre Höhe des Quecksilbers gefunden wird, wenn man von der Oberfläche a des untern Standes zu der in b hinauf mißt. Eine auf der Hinterwand angebrachte Eintheilung dient zur Erleichterung der Messung. Diese Heberform rührt schon von Pascal her, wurde dann aber wieder längere Zeit aufgegeben, bis sie bei dem gegenwärtigen genauen Höhenmessen mit Hülfe des Barometers wieder ans Licht gezogen und als die allein richtige erkannt worden ist. Achtet man bei diesem Heberbarometer blos auf die oberen Schwankungen in b, so können diese natürlich nur halb so groß ausfallen als die des Gefäßbarometers; aus diesem Grunde, und weil es im gewöhnlichen Leben nie auf eine haarscharfe Genauigkeit ankommt, sind fast alle Barometer, welche als Wettergläser benutzt werden, Gefäßbarometer.



Gefäß- und Heberbarometer.

Eine schon zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts von dem Engländer Hook erfundene Barometereinrichtung dürfen wir hier um so weniger mit Stillschweigen übergehen, als sie besonders für Wettergläser praktisch befunden und gerade wieder in unsern Tagen mit Beifall begrüßt worden ist. Dieselbe besteht aus einem Heberbarometer, wobei nur die Räume, in denen oben und unten die durch den wechselnden Luftdruck erzeugten Schwankungen des Quecksilbers vor sich gehen, eine verhältnißmäßig größere Weite besitzen, während die zwischenliegende Verbindungsstrecke von gewöhnlicher Dimension ist. Zwei mit einer feinen Schnur verbundene Gewichtsstücke, wozu jetzt meistens kleine mit Schrotkörnern beschwerte Glasflaschen gewählt werden, hängen über eine leicht bewegliche Rolle, deren Axe einen auf einem eingetheilten Kreisbogen sich bewegenden Zeiger trägt, welcher die kleinste Bewegung der Ge-

wichtsstücke sogleich und im stark vergrößerten Maße wahrnehmbar macht. Das eine, etwas schwerere Gewicht ruhet auf dem Quecksilberspiegel und wird von diesem emporgehoben oder zum Sinken gebracht, je nachdem der abnehmende oder zunehmende Luftdruck es nothwendig macht. Da die Schwankungen des untern Quecksilberspiegels gerade umgekehrt zu deuten sind im Vergleich zu denjenigen des obern, so wird der Zeiger im Sinne der Uhrzeiger bewegt, auf ein Zunehmen des atmosphärischen Luftdrucks hindeuten, während eine entgegengesetzte Drehung eine Abnahme des Druckes ausspricht. Obgleich hier, wie überhaupt bei dem Heberbarometer, der Spielraum der Quecksilberschwankungen nur halb so groß ist, wie bei dem Gefäßbarometer, so sucht man's durch die Länge des Zeigers und die Größe des Gradbogens möglich zu machen, daß derselbe in zehn- bis zwölffacher Vergrößerung sichtbar wird. Und gerade hierin liegt auch der Hauptwerth des ganzen Apparates. Dieser offenbare Vorzug wird selbst durch die kleine Unvollkommenheit nicht aufgewogen, welche dadurch leicht entstehen kann, daß der enge Kanal unten in der Röhre, durch welchen das Quecksilber bei seinen Schwankungen sich hindurchdrängen muß, sowie die Reibung zwischen Faden, Rolle und Axe immer eine gewisse Verzögerung in der Angabe des Luftdruckwechsels mit sich führen muß, welche nie ganz beseitigt werden kann. Dieses sogenannte Hook'sche Radbarometer ist gewöhnlich noch mit einem geschmackvoll verzierten Rahmen überdeckt, der nur Zeiger und Gradbogen sichtbar sein läßt, und meistens noch Platz zum Thermometer besitzt. In dieser Form ist das Wetterglas jetzt ein sehr beliebter Zimmerschmuck der Engländer und der Amerikaner. In Deutschland kommt es seltener vor, ist aber ganz dazu befähigt, sich mehr Eingang zu verschaffen, da es die Veränderungen des Luftdrucks in bedeutend vergrößertem Maßstabe sichtbar macht.

Hookʼsches Radbarometer.

Schließlich wollen wir auch noch des Bourdon'schen Metallbarometers gedenken, wovon eben jetzt recht viel die Rede ist, weil Dr. Kane sich desselben auf seiner Nordpolreise dann mit großem Nutzen bedient hat, wenn das andere durch das Gefrieren des Quecksilbers unbrauchbar geworden war. Dieses Barometer ist nur aus festem Metall ohne Beihülfe des Quecksilbers oder irgend einer andern Flüssigkeit zusammengesetzt, läßt sich sehr gut transportiren und zeigt einen viel höhern Grad der Empfindlichkeit für Luftdrucksänderungen, als alle bisher erfundenen Meßwerkzeuge dieser Art. Wir dürfen es daher nicht unterlassen, unsere Leser damit bekannt zu machen.

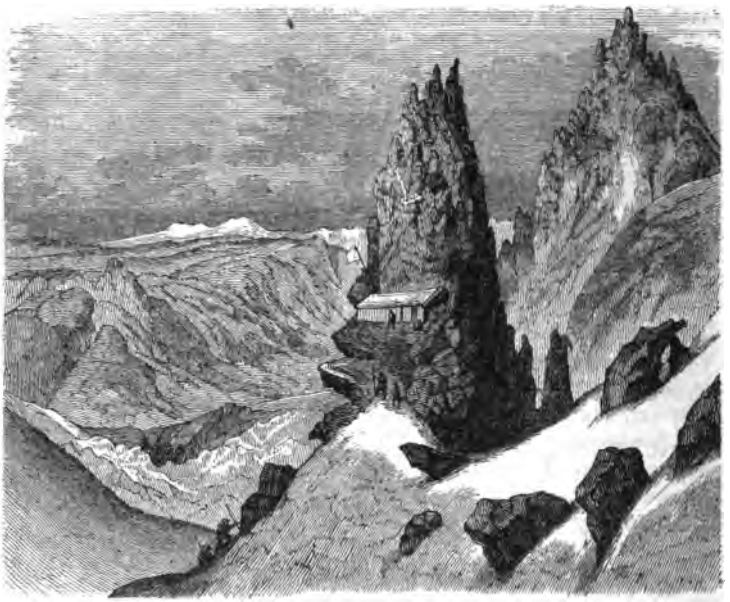
Der Hauptbestandtheil A dieses Barometers ist ein nicht ganz geschlossener, kreisrunder hohler Messingring von 2 bis 3 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Höhe, wobei die Seitenwände nach außen erhaben gewölbt sind. Der Einschnitt zwischen a b beträgt ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll. Die Grenzflächen dieses Einschnittes sind mit Platten luftdicht verlöthet, überhaupt ist dafür gesorgt, daß der innere Raum des Ringes so viel als möglich luftleer gemacht und durch sorgfältige Verlöthung von jeder Verbindung mit der äußern Luft abgehalten wird. Denken wir uns nun, daß auf diesen Ring ein vergrößerter Luftdruck wirkt, so muß seine äußere Oberfläche stärker davon ergriffen werden als seine innere, weil sie offenbar größer ist als diese, und die Folge davon wird sein, daß der Ring sich etwas verengt. Sobald dagegen ein verringerter Luftdruck thätig ist, so muß diese Verringerung auf der außen liegenden größern Oberfläche des Ringes wirksamer sein, als auf der im Innern des Ringes liegenden kleinern Oberfläche desselben, folglich muß sich der Ring hierdurch um Etwas erweitern. Es wird hier stillschweigend vorausgesetzt, daß das Material dieses Ringes ein eben so leicht biegsames als möglichst vollkommen elastisches sei.

Bourdon's Metallbarometer.

Das Verengen und Erweitern des soeben kennen gelernten Ringes entspricht daher der Zu- und Abnahme des atmosphärischen Luftdruckes, und es kommt jetzt nur noch darauf an, dasselbe durch eine passende Vorrichtung leicht sichtbar und meßbar zu machen, so daß es mit den Schwankungen des Quecksilberbarometers in Vergleich gebracht werden kann. Dies hat nun gerade der Pariser Mechanikus Bourdon auf eine höchst scharfsinnige Weise zu erreichen gewußt. Er befestigte den Ring in einer Dosenform, wie nebenstehend im Vertikalschnitt anschaulich gemacht worden ist. Es stellt A den Ring vor, der oben einen festen Stützpunkt hat, so daß seine beiden gleichen Arme ganz frei hinabreichen und ohne weitere Behinderung der Einwirkung des Luftdruckes folgen können. An den beiden Enden a, b des auf der Hinterwand der Dose gestützten gleichförmigen Hebels a b greifen die beiden Enden des Ringes mit Hülfe kleiner Gestänge so an, daß sie, sich gegenseitig unterstützend, denselben leicht bewegen können. Durch diesen Hebelarm wird ein Zeiger in Bewegung gesetzt. Die Vermittelung zwischen Hebel und Zeiger ist von dem Mechanikus auf verschiedene Weise ermöglicht, hier z. B. mit Beihülfe elastischer Federn (c); in jedem Falle bedarf es aber nur einer geringen Zusammenziehung oder Ausdehnung des Metallringes, um ein ansehnliches Fortrücken des Zeigers zu veranlassen. Der Gradbogen unter diesem Zeiger wird unmittelbar schon durch die Figur anschaulich gemacht und bedarf keiner weitern Beschreibung. — Sowie

nun der atmosphärische Luftdruck wächst, verengt sich der Ring, seine beiden Enden a, b bewegen dadurch mit Hülfe ihrer Gestänge den Hebel und damit zugleich den Zeiger in derselben Richtung, in welcher derjenige einer Uhr fortschreitet. Nimmt dagegen der Luftdruck ab, so muß natürlich die gesammte Bewegung umgekehrt vor sich gehen.

Das Instrument ist in Hinsicht der Empfindlichkeit vortrefflich, es übertrifft alle bis jetzt bekannten anderen Barometer. Der Spielraum des Zeigers, der die Veränderungen des Luftdruckes angiebt, ist wol drei bis vier mal so groß als der des gewöhnlichen Gefäßbarometers. Aber dennoch steht dasselbe dem gewöhnlichen Quecksilberbarometer nach, sobald es darauf ankommt, die Größe des Luftdruckes ganz rein anzugeben. Denn man sieht leicht, daß dieses Instrument viel mehr als das Quecksilberbarometer auch von der Veränderung der Lufttemperatur mit abhängig ist, und daß dabei eine nothwendig werdende Correctur viel unsicherer und schwieriger durchzuführen ist. Für die Männer von Fach leistet dann eine von Bourdon dem Instrumente beigegebene Correctionstabelle schon wesentlich gute Dienste, indeß paßt diese doch nicht zu dem alltäglichen Gebrauch. Hat man jedoch den Apparat bei irgend einer Tagestemperatur, die nicht starkem Wechsel unterworfen ist, mit dem Quecksilberbarometer übereinstimmend gestellt und will denselben blos für das Wetterglas in Anwendung treten lassen, so nützt er viel mehr als dieses. Auch wollen wir nicht unerwähnt lassen, daß dieses Barometer sich bei Höhenmessungen ganz vortrefflich bewährt hat.



Felsen Grand Mulet's.

II.

Die Luft unter dem Einflusse der Elasticität.

Expansion der Luft. Grundgesetz. Größe des Atmosphärendruckes. Drieberg's Einwurf beseitigt. Weber's Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Erklärung der Wahrnehmungen der Bergreisenden. Anwendung auf Schröpfköpfe, Tränkflaschen, auf die Mariottische Wunderflasche. Das Boyle-Mariottische Gesetz. Höhe der Atmosphäre und ihre Gestalt. Höhenmessungen mit Hülfe des Barometers.

Die Elasticität der Luft war schon frühzeitig von den Alten gekannt, sie reden in ihren ältesten Schriften davon, als wäre es eine selbstverständliche Sache. Darin unterscheidet sie sich also von der Schwere der Luft, welche erst seit einigen Jahrhunderten entdeckt worden ist, von der man Jahrtausende hindurch gar keine Ahnung hatte. Uebrigens war das frühere eigentliche Wissen über diese Eigenschaft der Luft doch auch noch sehr gering und sehr unklar. Vieles ist neu hinzugekommen und das Meiste erst jetzt ins wahre Licht gestellt.

Man hat auf dem Wege der Erfahrung gefunden, daß der Luft eine besondere Art der Elasticität innewohnt, vermöge deren sie sich der Zusammenpressung mit einer Gegenkraft widersetzt, welche um so größer wird, je kleiner der Raum ist, in den die Luft gepreßt werden soll. Zeigte sie diese Kraft nun auch umgekehrt bei dem Auseinanderziehen ihrer Materie, oder überhaupt bei

jeder mechanisch an ihr vorgenommenen Raumänderung, so wäre kein Grund vorhanden, warum man in neuerer Zeit dem alten Namen Elasticität den Prozeß erklärt und dafür Expansion eingeführt hat. Die Erfahrung lehrt aber ganz entschieden, daß die Luft sich jede Raumvergrößerung nicht blos gern gefallen läßt, sondern daß sie dieselbe sogar mit einer ihr eigenthümlichen Kraft zu erreichen strebt, woher denn auch zu der neuen Benennung ein wohlbegründetes Recht vorliegt. Diese Eigenschaft der Expansion ist allen Luftarten gemein, wir werden sie aber nur in Bezug auf unsere Atmosphäre untersuchen.

Ist die Luft in Ruhe, so muß ihre Expansion gerade so groß sein, als der Druck, von welchem sie in ihrem Raum erhalten wird, da nur gleiche Kräfte einander das Gleichgewicht halten können. Bewegt sie sich aber, so thut sie dies mit dem Ueberschuß ihrer Expansion über den auf sie wirkenden mechanischen Druck; und wird sie bewegt, so geschieht dies natürlich auch wieder blos mit dem Uebergewicht des Druckes über ihre Expansion. Diese einfachen in sich selbst klaren Grundsätze reichen aus, eine große Reihe von Lufterscheinungen zu erklären, welche sich auf Ruhe und Bewegung beziehen. Nur wird hierbei überall noch vorausgesetzt, daß dabei die Temperatur sich nicht ändert, also ganz neutral bleibt. Der Einfluß der Wärme auf die Expansion der Luft ist so bedeutend, daß er einer besondern Untersuchung bedarf, welche wir erst später geben können.

Da bei unserer Atmosphäre jede tiefer gelegene Luftschicht von dem Gewicht aller höher gelegenen Schichten gedrückt wird, so muß auch ihre Expansion unten an der Oberfläche der Erde am größten sein, und von hier ab um so mehr abnehmen, je höher der Standpunkt darüber angenommen wird. Da nun eine jede Steigerung der Expansion der Luft mit einer Zusammenpressung in einen kleinern Raum, mit einer Verdichtung der Materie, in unmittelbarer Verbindung steht, so folgt hieraus auch, daß unsere Atmosphäre um so dichter sein muß, je näher dieselbe der Erdoberfläche, oder richtiger je näher sie dem Mittelpunkte der Erde gelegen ist.

Bringt man zwei mit Luft erfüllte Räume in direkte Verbindung, so werden sie ohne Bewegung ruhig neben einander verharren, sobald sie eine ganz gleiche Expansion besitzen. Haben sie dagegen eine ungleiche Expansion und natürlich auch ungleiche Dichtigkeit, so muß Bewegung erfolgen, und es wird ein Zusammenpressen der weniger dichten und ein Ausdehnen der dichtern stattfinden, oder ein theilweises Ueberströmen der dichtern Luft in den Raum der andern, bis das Ganze in Ruhe gekommen ist.

Otto von Guericke suchte die Richtigkeit dieses Gesetzes unmittelbar durch den Versuch zu bestätigen. Er nahm dazu eine große Glasflasche, deren enge Mündung in Metall gefaßt war und mit Hülfe eines Hahns geöffnet und geschlossen werden konnte. Diese Flasche ließ er einen Augenblick offen, damit sie sich mit Luft anfüllen konnte, verschloß sie dann sorgfältig und öffnete sie erst wieder, nachdem er damit auf eine namhafte Höhe emporgestiegen war, da fuhr mit deutlich hörbarem Geräusch ein Theil der Luft aus der Flasche heraus. Nachdem sich dann das elastische Gleichgewicht wieder hergestellt, oder, was

ziemlich dasselbe sagen will, die Flasche mit der dünnern obern Luft gefüllt hatte, verschloß er dieselbe auf's Neue und brachte sie wieder hinab in die Tiefe. Oeffnete er jetzt die Flasche, so ließ sich eben so deutlich ein Einströmen der Luft vernehmen.

Uebrigens fehlt es uns im alltäglichen Leben nicht an mehrfacher Gelegenheit, das eben besprochene Gesetz bewahrheitet zu finden. Wenn bei dem Blasebalg die Backen aus einander gezogen werden, so bereitet man auf einen Augenblick der innern Luft einen größern Raum, wodurch sie dünner wird als die äußere freie Luft; es wird daher diese mit ihrem Uebergewicht an Expansion in den Raum der andern einströmen, bis jeder Dichtigkeitsunterschied ausgeglichen ist. Drückt man hierauf den Blasebalg wieder zusammen, so verengt sich der innere Raum, die Luft darin wird dichter als die äußere und sie muß ausströmen, damit das Expansionsgleichgewicht wieder hergestellt wird. — Bei der Klappbüchse wird durch das Eintreiben des einen luftdicht anschließenden Pfropfens die abgesperrte innere Luft der Röhre in einen immer kleiner werdenden Raum gedrängt und dadurch ihre Expansion zuletzt so hoch gesteigert, daß sie auf der andern Seite der Röhre den verschließenden Pfropfen hinwegschleudert. Die hierauf folgende Expansions-Ausgleichung zwischen der innern und äußern Luft geht mit so großer Geschwindigkeit und so stark erschütternder Kraft vor sich, daß das Ohr einen lauten Knall vernimmt. Wir haben diese Beispiele aus dem alltäglichen Leben mit Absicht etwas umständlich besprochen, um die vorhin aufgestellten Gesetze der Expansion der Luft anschaulich zu machen; sind sie auch etwas von untergeordneter Wichtigkeit, so wird das, was wir dabei zur Anschauung gebracht haben, später seine guten Früchte tragen. Wir sind aber noch nicht fertig.

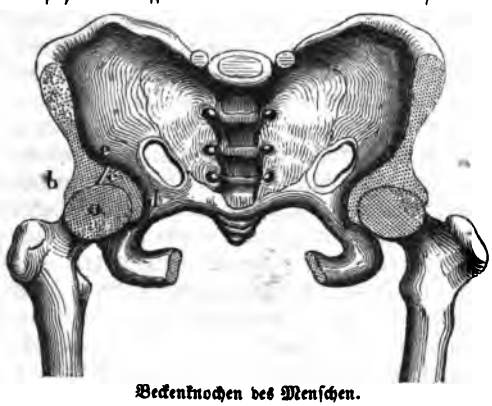
Sehr häufig hört man Verwunderung darüber äußern, daß das Barometer in unseren Wohnstuben eben den Luftdruck zu erleiden habe wie im Freien, da doch die Wände, Fenster, Thüren und besonders die obere Decke des Zimmers den freien Zugang und den Druck der Luft verhinderten. Offenbar wird damit an den Tag gelegt, daß man das eigentliche Wesen der Luftexpansion gar nicht kennt. In Etwas hätte jener Ausspruch noch einen vernünftigen Grund, sobald sich dabei voraussetzen ließe, daß die Wände, Fenster, Thüren, Decken, überhaupt alle Grenzen des Zimmers vollkommen dicht wären, und daß dadurch die eingeschlossene Luft mit der freien Atmosphäre in gar keiner Communication stände. Wer aber bedenkt, wie unzählig viele Ritzen, Oeffnungen und Poren in den Fenstern, Thüren und Wänden vorkommen, den wird es sicher nicht befremden, daß diese Verbindungswege vollkommen ausreichen, um zwischen der eingeschlossenen Stubenluft und der freien Atmosphäre das Expansionsgleichgewicht zu erhalten, oder, wenn es gestört sein sollte, wieder herzustellen. Und was den besonders hervorgehobenen Punkt der Stubendecke betrifft, als behindere diese den Druck der Luft von oben, so darf man ja nicht außer Acht lassen, daß die Luft nie anders in Ruhe und Gleichgewicht ist, als bis in jedem Punkte nach jeder Richtung hin eine eben so große Expansion vorkommt, als ihr ein Druck gegenübersteht, wodurch also von selbst ein blos einseitiges Wirken von oben

nach unten, oder von unten nach oben ganz wegfällt. Der Tisch, auf dem ich dies schreibe, wird daher auf seiner obern Fläche denselben Luftdruck erleiden, als auf seiner untern. Denkt man sich das Haus mit dem Zimmer tief unter Wasser getaucht, so würde es Niemandem auffallen, daß sich dasselbe ganz mit Wasser anfüllte, weil seine Thüren, Fenster und Wände nicht wasserdicht sind. Warum soll es uns denn befremden, daß die beinahe 800 mal leichtere und in demselben Maße auch beweglichere Materie unter gleichen Umständen das Gleiche thut?

Nach der Torricellianischen Erklärung des Galilei'schen Saugpumpenphänomens wissen wir, daß der Druck der Atmosphäre durchschnittlich einer Wassersäule von 32 par. Fuß, oder 33 preuß. Fuß Höhe das Gleichgewicht hält. Angenommen nun, diese Wassersäule ruhe auf einer Grundfläche von einem Quadratfuß preußischem Maße, so wäre ihr Druck dem Gewichte von 33 Kubikfuß Wasser gleich. Es wiegt aber 1 Kubikfuß Wasser 66 preuß. Pfund, also betrüge das Gesammtgewicht von 33 Kubikfuß gerade 2178 Pfund. Daraus folgt nun, daß der Durchschnittsdruck unserer Atmosphäre unten an der Erdoberfläche auf jeden Quadratfuß 2178 Pfund ausmacht. Das ist eine überraschend große Zahl. Unsere Verwunderung wird aber gewaltig gesteigert, sobald man diese Rechnung noch etwas weiter fortsetzt, bis man zu dem Drucke kommt, den die Atmosphäre auf die ganze Erdoberfläche auszuüben im Stande ist. Denn eine Quadratmeile enthält schon 576 Millionen Quadratfuß, und da die ganze Erdoberfläche 9 Millionen Quadratmeilen groß ist, so würde dieselbe 5184 Billionen Quadratfuß betragen, wovon jeder seinen 2178 Pfund schweren Atmosphärendruck auszuhalten hätte, folglich wäre der Gesammtdruck der Atmosphäre auf die ganze Oberfläche der Erde mehr denn 11 Trillionen Pfund. Bemerken wir nun noch, daß das Gewicht der ganzen Erdkugel 4,448,994 Trillionen Pfund beträgt, so ist dieses immer noch mehr als 400,000 mal größer als das der Atmosphäre. — Die Oberfläche eines ausgewachsenen Menschen läßt sich durchschnittlich 15 bis 20 Quadratfuß groß annehmen, also betrüge der von der Atmosphäre auf ihn ausgeübte Gesammtdruck 30 bis 40,000 Pfund. Gewöhnlich pflegt man dieses Resultat, wenn man es zuerst hört, etwas mißtrauisch entgegenzunehmen, und es ist dies gerade seit dem allerersten Aufstellen der Lehre vom atmosphärischen Drucke ein Stein des Anstoßes gewesen. Selbst in unseren Tagen sagt Herr Drieberg in der Vorrede seines Werkchens gegen den Luftdruck sehr sarkastisch: „Nach den weisen Rathschlüssen der Physikbeflissenen müssen wir armen Kreaturen uns bekanntlich mit einer Luftlast von 30 bis 40,000 Pfund herumschleppen, und selbst die Elßler, wenn sie auf der großen Zehe steht, trägt ihre 30,000 Pfündchen." Das ist ein sehr starker Ausspruch, der allerdings das Lachen erweckt, ich glaube aber nicht auf eine den Physikern nachtheilige Weise. Der atmosphärische Druck, der auf unserm Körper lastet, ist gleichmäßig vertheilt und wirkt überall perpendicular auf die betreffende Fläche, so daß seine drückende Kraft eben so stark von oben nach unten, als von unten nach oben, eben

so stark von der Rechten zur Linken, als von der Linken zur Rechten wirksam ist, und daß überhaupt von keiner Seite ein Druck vorkommt, der nicht von der entgegengesetzten Seite durch einen gleichgroßen Gegendruck im Gleichgewicht erhalten würde. Wenn nun auch die Größe der ganzen Druckkraft nicht gut anders als mit Hülfe des Gewichtes zur Anschauung zu bringen ist, so muß man sich doch ja hüten, dieselbe buchstäblich für ein wirkliches Gewicht zu nehmen, denn dieses wirkte ja nur ganz einseitig in der Richtung der Schwere von oben nach unten. Man thut daher immer wohl, sich den Druck der Atmosphäre auf den Menschen durch einen elastischen Anzug zu versinnlichen, der den Körper von allen Seiten gleichmäßig einpreßt, denn es ist in der That die Elasticität der Luft, welche den Druck erzeugt, während die Schwerkraft nur die Veranlassung zur Elasticität und eigentlich nur den Maßstab zur Beurtheilung ihrer Größe abgiebt. — Sollte man bei der ganzen Sache überhaupt noch eine Bedenklichkeit haben, so könnte dieselbe sicher nur in der Beantwortung der Frage liegen, ob ein solcher, wenn auch gleichmäßig vertheilter Druck von 30 bis 40,000 Pfund unsern Körper nicht zermalmen müßte. Bedenkt man indeß, daß auch das Innere unsers Körpers überall ebenfalls mit Luft angefüllt und von Flüssigkeiten durchdrungen ist, welche mit der äußern Luft auf derselben Expansionsstufe stehen, daß es also auch von dieser Seite nirgends an dem ausgleichenden Gegendrucke fehlt, und daß es den Knochen, Muskeln, Bändern und Häuten für sich allein bei Weitem noch nicht an der Festigkeit fehlt, welche dem Drucke gewachsen ist, so fällt auch von dieser Seite aller Zweifel ganz von selbst hinweg.

Die Gebrüder Wilhelm und Eduard Weber gaben im Jahre 1836 ein sehr interessantes Werk über die Mechanik der menschlichen Gehewerkzeuge heraus, welches in vielfacher Hinsicht die Beachtung der Gelehrten auf sich zog und auch für uns hier von hervorragender Wichtigkeit ist, weil dabei der Expansionsdruck der Luft mit in den Kreis der Untersuchung gezogen wird. Der obere Schenkelkopf a paßt mit seiner spiegelglatten Oberfläche luftdicht genau in die eben so glatte feuchte Höhlung b c d des Beckens, und er wird mit dem ganzen Gewichte des Beines darin durch nichts Anderes festgehalten, als durch den äußern Luftdruck. Das Gelenk wird durch eine am Knochen festgewachsene dünne Kapselmembrane und durch die überdeckenden Fleischpartien eingehüllt. Daß diese allein das Festhalten des Beines



Beckenknochen des Menschen.

in der Pfanne nicht bewirkte, ergab sich sogleich, denn das Durchschneiden dieser ganzen Hülle bei dem Beine eines Leichnams erzeugte nicht blos kein Herabfallen des Schenkels, sondern man überzeugte sich durch Anhängen von Gewichtsstücken, daß derselbe noch eben so fest in der Pfanne saß als zuvor. Steht der lebende Mensch auf einem Beine, und hält das andere nur gerade so viel gekrümmt, daß es hängt, ohne den Boden zu berühren, so kann er dieses mit der kleinsten Muskelanstrengung in schwingende Bewegung bringen, sämmtliche Muskeln bleiben schlaff, als hätten sie weder Etwas zu heben, noch zu tragen, also überzeugt man sich, daß die Muskeln es nicht sein können, die das schwingende Bein in seiner Beckenverbindung erhalten. Um die Richtigkeit ihres Satzes noch mehr zu bewahrheiten, so durchbohrten die Gebrüder Weber bei dem von aller Haut- und Fleischverbindung frei gemachten Kadaverbeine das Becken der Pfanne in der unter e bezeichneten Richtung, und sie hatten die Freude, das Bein augenblicklich zu Boden fallen zu sehen, sobald die Luft sich von dieser Seite einen Weg in die Pfannenhöhle bahnen konnte. Darauf brachten sie das Bein wieder in seine ursprüngliche Lage, verschlossen die Oeffnung e luftdicht mit dem Finger, da saß dasselbe wieder fest; wenn aber der verschließende Finger hinweggenommen wurde, fiel es sogleich wieder zur Erde. Uebrigens besitzt die Pfannenhöhle, so weit sie von dem Schenkelkopfe überdeckt wird, eine 3 bis 4 Quadratzoll große Oberfläche, also würde, da der atmosphärische Druck auf jeden Quadratzoll einer Gewichtslast von 15 Pfunden entspricht, das Bein mit 50 bis 60 Pfund Hebekraft an die Beckenpfanne gedrückt, folglich erhält man auch von dieser Seite eine befriedigende Bestätigung des Weber'schen Satzes. — Ganz dasselbe gilt auch von dem obern Armgelenk. Der Kopf des Oberarmknochen paßt auch luftdicht in die Pfannen des Schulterblattes und wird ebenfalls hauptsächlich durch den äußern Luftdruck in seiner Verbindung erhalten. Wenn wir nun von den Bergreisenden hören, daß sie beim Erklimmen großer Höhen eine kaum zu ertragende Mattigkeit in allen Gliedern, ganz vorzugsweise aber eine entsetzliche Ermüdung und Schwere in den Beinen gefühlt haben, so erklärt sich dies Alles ganz einfach aus der Verminderung des Luftdrucks. Wir wollen dies noch näher ins Licht zu stellen suchen. Als Humboldt im Jahre 1802, bei dem Versuche den Gipfel des Chimborazzo zu erreichen, sich 18,096 p. Fuß über dem Meeresspiegel befand, zeigte sein Barometer nur 13 Zoll 11¼ Linien Höhe, und als 1831 Boussingault bei einem gleichen Versuche noch beinahe 400 Fuß höher gekommen war, so besaß die Quecksilbersäule des Barometers nur noch 13 Zoll 8¼ Linien; folglich war in diesen gewaltigen Höhen der Druck der Luft noch nicht einmal halb so groß geblieben, wie durchschnittlich unten im Flachlande. Die Folge hiervon war nun, daß oben bei dem Tragen der Beine und Arme die Muskeln das ersetzen müssen, was eigentlich von dem Druck der Luft eingebüßt worden war, so daß die Wirkung, abgerechnet von allen übrigen Beschwerlichkeiten, ähnlich ausfiel, als wenn unten auf flacher Erde jedes Bein noch mit 20 bis 30 Pfund und jeder Arm mit 10 bis 20 Pfund Gewicht beladen worden wäre und wir uns nun anstrengten, mit dieser Gewichtslast eine

steile Treppe emporzusteigen. Unsere Ansicht wird noch sehr unterstützt von der speciellen Beschreibung der Reisenden selbst. So erzählt Bouſſingault: „Wir fühlten schon sehr die Wirkung der Luftveränderung und waren gezwungen, uns alle zwei bis drei Schritte niederzusetzen. Sowie wir uns aber eben gesetzt, standen wir wieder auf, denn unsere Leiden dauerten nur so lange, als wir uns bewegten. Saßen wir einmal, so glaubten wir in unserm gewöhnlichen Gesundheitszustande zu sein.“ Im Ganzen genommen litt er aber weniger, als die meisten anderen Reisegefährten, und er schrieb dies seinem längern Aufenthalte in den hochgelegenen Städten der Andeskette zu. „Wenn man Zeuge gewesen ist,“ schrieb er in einem Briefe an unsern Alexander von Humboldt, „von der Kraft und der bewundernswürdigen Gewandtheit der Toreadores bei den Stiergefechten in dem 3000 Meter erhobenen Quito, wenn man gesehen hat, wie junge und zarte Frauenzimmer ganze Nächte hindurch tanzen, an Orten, fast eben so hoch wie der Montblanc, wo der berühmte Sauſſure kaum Kraft genug behielt, um seine Instrumente zu beobachten, und wo seine rüstigen Aelpler, als sie ein Loch in den Schnee graben sollten, in Ohnmacht fielen (siehe Anfangsvignette dieses Kapitels), wenn man endlich bedenkt, daß eine berühmte Schlacht, die vom Pinchincha fast in der Höhe des Monte-Roſa geschlagen wurde, — so, glaube ich, wird man mit mir übereinstimmen, daß der Mensch sich an die Wirkung der verdünnten Luft gewöhnen könne.“ Daß hierbei, wie bei allen Körperanstrengungen, die Gewohnheit eine Kraft besitzt, wollen wir nicht in Abrede stellen, aber wir können unmöglich die Meinung theilen, daß mit dem bloßen Ungewohnten hier Alles zu erklären sei.

Das Feld der Anwendung dieser Lehre von dem durch die Expansion der Luft erzeugten Drucke ist ein außerordentlich reich bestelltes, so daß wir gar nicht daran denken können, dasselbe ganz abzuernten. Wir müssen uns überhaupt, besonders aber unter der jetzigen Voraussetzung, mit der Besprechung einiger Fälle begnügen, und da wählen wir gerade solche Beispiele aus, welche als Vorbild dienen können zur Erklärung vieler anderer verwandter Erscheinungen.

Ueberdeckt man die Oeffnung eines ganz voll Wasser gefüllten Schoppenglases mit einem Blatt Papier, drückt dasselbe mit der flachen Hand gleichmäßig fest an den Rand des Glases und kehrt dieses um, so kann man die andrückende Hand hinwegnehmen, ohne daß das Wasser aus dem Glase fließt. Der äußere atmosphärische Druck auf dem Papierboden ist hier stärker als der innere des Wassers, und der Zusammenhang des Papiers behindert zugleich das Eindringen der Luft und das Ausfließen des Wassers. Man kann in der soeben beschriebenen Lage das Papier sogar noch siebartig durchlöchern, ohne daß der Versuch mißglückt, weil dann die Adhäſion der Flüssigkeit in den Maschen des Papiers eine das Ausfließen verhindernde Beihülfe abgiebt. Statt des Wassers hätte man jede andere tropfbare Flüssigkeit wählen können. Auch konnte man das Papier durch ein Stück Leinwand oder ähnliche andere Stoffe ersetzen.

Versucht man in einem mit Wasser gefüllten größern Gefäße oder Behälter einen vollen Eimer umgekehrt ganz gleichmäßig aus der Flüssigkeit her-

auszuheben, so überrascht die gewaltige Kraft, mit welcher der Eimer immer wieder hinabgedrückt wird, daß das Herausheben desselben sogar unmöglich fällt, wenn man ihn nicht etwas zur Seite neigt, so daß das Eindringen der Luft auf dieser Stelle erst allmählich möglich gemacht wird. Die Erklärung dieses überraschenden Phänomens wird leicht, sobald man nur nicht außer Acht läßt, daß man bei dem Emporheben des Eimers viel weniger seinen Wasserinhalt, als hauptsächlich den einseitig auf ihm lastenden Luftdruck zu überwinden hat, der schon über 2000 Pfund betrüge, wenn auch die Fläche der untern Eimeröffnung nur eine einzige Quadratfußfläche groß wäre.

Drückt man den durch Anwärmen mit verdünnter Luft gefüllten Schröpfkopf auf irgend eine geritzte Stelle des Körpers luftdicht an und wartet das Abkühlen desselben ab, so sieht man, wie er Fleisch und Blut in sich emporsaugt. Es ist klar, daß der verminderte Luftdruck unter dem Schröpfkopf die überdeckte Stelle weniger stark zusammenpressen muß, als sie es vorher unter dem vollen Drucke der freien Atmosphäre war, daher äußert dieselbe sogleich das Streben sich mehr auszudehnen und läßt auch aus eben dem Grunde das Blut leichter aus den Ritzen fließen.

Wenn uns die Reisenden, welche in der Schweiz, in Amerika und Asien sehr hohe Berge erklommen haben, berichten, daß ihnen zuletzt das Blut aus den Lippen, den Augen und dem Zahnfleische gedrungen sei; so hat hierzu ebenfalls ganz vorzugsweise der stark verminderte Luftdruck in der Höhe beigetragen. Daß unser Körper gerade an den genannten Stellen sehr dünne, das Blut leicht durchlassende Haut besitzt, ist bekannt genug. Wir erinnern in dieser Hinsicht nur daran, wie leicht sich das Zahnfleisch durch einfaches Saugen zum Bluten bringen läßt, und daß der Akt des Saugens auch nichts Anderes ist, als ein einseitiges Vermindern des Luftdrucks.

Auf dem Lande, wo die Hühnerzucht fleißig getrieben wird, giebt es sogenannte Tränkeflaschen, welche fortwährend nur wenig Trinkwasser den jungen Küchlein darbieten und also dafür sorgen, daß sie nie an Wassermangel leiden, aber auch verhüten, daß sie ersaufen können. Diese Flaschen sind ganz mit Wasser gefüllt, und besitzen nur unten eine Oeffnung mit einer umgebenden Schale. Die Oeffnung ist groß genug, das Ausfließen des Wassers zu gestatten, das heißt, sie ist so weit, daß Luft und Wasser beim Ein- und Austritt sich einander ausweichen können. Sobald nun aber der Wasserstand in dem Schälchen über die Oeffnung gekommen ist, muß das Ausfließen innehalten, denn jetzt wird der Luft der eintretende Weg versperrt, und ohne daß im Innern Luft für Wasser an den Platz treten kann, ist an kein Ausfließen zu denken. Haben aber die Küchlein die Oeffnung wieder frei getrunken, so bewirken sie dadurch einen neuen Zufluß an Wasser aus der Flasche. Eine ganz gleiche Bewandtniß hat es mit den Oelgefäßen unserer heutigen Stelllampen, bei denen das Oel dem Docht immer nur in kleinen Portionen zugeführt wird, weil das Ausfließen aus dem Oelgefäß immer nur so lange dauert, bis die untere Oeffnung von dem ausgeflossenen Oele abgesperrt ist.

Damit bei einem Fasse die Flüssigkeit unbehindert aus dem untern Zapfloche ausfließen kann, hat man dabei noch eine obere Spundöffnung angebracht, durch welche die Luft frei eindringen und für die ausfließende Flüssigkeit an den Platz treten kann. Fehlte diese obere Oeffnung, so müßte auch das Ausfließen aus der untern Zapfenöffnung aufhören, oder doch wenigstens stark behindert werden, weil die größere Expansion der äußern Luft sich dagegen stemmte, und in der Zapfenmündung ohnehin auch noch die Adhäsion dem Lufteintritte erschwerend entgegenstände. Ganz aus demselben Grunde sind auch bei Thee- und Kaffeetöpfen in den Deckeln noch kleine Luftlöcher angebracht.

Wir dürfen bei dieser Gelegenheit auch die sogenannte Mariotte'sche Wunderflasche nicht unbesprochen lassen. Sie erregte zu Anfange des vorigen Jahrhunderts sehr viel Aufmerksamkeit und man war Anfangs sogar in einiger Verlegenheit, die richtige Erklärung dazu zu finden. Es besteht dieselbe zumächst aus einer gewöhnlichen Flasche A, welche aber unten in c, etwa einen Zoll hoch über dem Boden, eine kleine Oeffnung besitzt. Die obere eigentliche Mündung ist mit einem durchbohrten Korkstöpsel verschlossen, in dessen Durchbohrung eine Glasröhre a b steckt, welche sich luftdicht darin verschieben läßt. Bei dem Gebrauch stellt man die noch offene Flasche unter Wasser, wodurch sie sich ganz vollfüllt, darauf verkorkt man dieselbe und drückt die Glasröhre a b so tief hinab, daß ihre untere Mündung b einige Linien tiefer als c zu stehen kommt. Nimmt man nun die Flasche aus dem Wasser, so fließt aus c nur sehr wenig heraus, auch sieht man den Wasserstand in a b während dieses Fließens bis d herabsinken, wo er mit c auf demselben Niveau steht. Ist dies erreicht, so hört alles Fließen und Sinken auf; das Wasser erhält sich in der Flasche A, als sei die Oeffnung c gar nicht vorhanden. Zieht man aber dann die Röhre a b allmählich etwas im Korke empor, so beginnt das Ausfließen aus c sogleich auf's Neue, sobald nur die Mündung b über c zu stehen kommt, und es hört dann gar nicht eher wieder auf, als bis alles über c stehende Wasser aus der Flasche verschwunden ist, wobei man fortwährend Luftbläschen durch b eintreten sieht. Diese interessante Erscheinung erklärt sich so: Gleich zu Anfang bei dem Herausnehmen der gefüllten Flasche aus dem Wassergefäß, wo a b noch mit Wasser gefüllt war, drückte die äußere Luft mit Hülfe der Wassersäule a b stärker als in c auf die Flüssigkeit in A, es mußte daher das Ausfließen aus c und das Sinken des Wassers in a b erfolgen. Sowie nun aber das Wasser in a b bis d gesunken, so trat der Zustand des Gleichgewichts ein, der atmosphärische Druck auf das Wasser in a b wurde von dem ganz gleichen auf das Wasser in c genau aufgewogen; es fehlte also aller Grund zur weitern Bewegung, das Ausfließen mußte aufhören. Wurde nun hierauf die Röhre a b emporgezogen, bis ihre untere Mündung b höher als c stand, so half das unter b über c stehende Wasser wieder zur Druckvermehrung ganz eben so wie

Mariottesche Wunderflasche.

vorhin die höhere Wassersäule in a b, es mußte also das Ausfließen auf's Neue beginnen, und da jetzt dem Eintritt der Luft durch a b kein Hinderniß im Wege stand, so mußte dieses Ausfließen fortdauern, bis alles Wasser über c durch Luft ersetzt war.

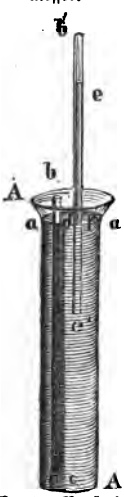
Zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts wurde die Lehre von der Expansion der Luft um einen bedeutenden Schritt weiter gefördert. Die Veranlassung dazu gab ein nochmaliger Streit über das Saugpumpenphänomen. Franz Linus, Professor zu Lüttich, sagte, wenn man den Kolben in der Röhre der Saugpumpe emporziehe und recht unbefangen auf das nachfolgende Wasser achte, so könne man gar nicht anders, man müsse die Kraft des Steigens dem Wasser selbst zuschreiben und sie liege einmal in dem Anhängen desselben an dem Kolben, dann aber auch in dem Zusammenhalten des Wassers, so daß Galilei's Ansicht ganz recht gewesen sei, wenn er aussprach, daß die emporgesogene Wassersäule einer Schnur zu vergleichen wäre, welche zuletzt so lang gemacht und so hoch emporgehoben werden könne, bis sie von ihrem eigenen Gewicht zerreiße. Und was den Druck und die Elasticität der Luft beträfe, so wäre dies auch wieder Nichts weiter, als offenbare Andichtungen der Natur, welche sich nur wenig von der unterscheiden, daß die Natur einen Abscheu vor dem Nichts habe. Und wenn man diese Torricellianische Behauptung weiter verfolge, so führe sie zu so furchtbar großen Zahlen, daß man davor erschrecken müsse. Nach seiner Meinung besäße die Atmosphäre wol Schwere und Elasticität, aber in einem viel bescheidenern Maße. In Betreff des ersten Punktes wurde Herr Linus ganz einfach auf Torricelli's Versuch mit einer unten ganz offenen Röhre hingewiesen, wobei der in 32 Fuß Länge emporgezogene Wasserstrick wol abreiße von dem Kolben, aber die Gelegenheit des Hinabfließens unbenutzt ließe und stehen bliebe wie ein wirklicher Hanfstrick. — Der zweite Punkt enthielt eine die neuere Wissenschaft gröblich verletzende Beschuldigung, welche man allerdings für durchaus unbegründet ansah; indeß fühlte man doch, daß hierbei die ruhige Erfahrung noch nicht überzeugend genug in den Kreis der beweisenden Begründung gezogen sei. Daher verschmähte es selbst der große englische Naturforscher Boyle nicht, gegen Herrn Linus das Wort zu nehmen. Darüber kann man sich freuen, denn die Wissenschaft selbst hat dadurch einen großen Gewinn gehabt. Der Begriff der Expansion der Luft ist auf diesem Wege erst scharf festgestellt und das Ganze zu einem klaren Naturgesetze reif geworden.

Boyle berief sich in seiner berühmten, 1661 herausgegebenen „Vertheidigung der Lehre über die Elasticität und Schwere der Luft" unter Anderem auch auf folgenden Versuch. Die dazu nöthige, überall gleichweite Glasröhre a b c bestand aus zwei ungleich langen, vertikal emporgerichteten Armen, wovon der längere a b oben offen, der kürzere b c dagegen zugeschmolzen war. Jener hatte mehr als 3 Fuß Länge, dieser nur 1 Fuß. Er that nun zuerst etwas Quecksilber hinein, welches nur gerade ausreichte, den untern Communicationsraum e b f anzufüllen, so daß in c f eine Portion atmosphärischer Luft abgesperrt wurde. Damit diese indeß mit der freien Atmosphäre von gleicher Dichtigkeit

war, so nahm er das Eingießen des flüssigen Metalls recht allmählich vor und unter Hin- und Herneigen der Röhre. Der mit abgesperrter Luft erfüllte Raum zeigte von f bis c genau 12 Zoll Höhe. Nun füllte er a e immer höher und höher mit Queckſilber an; da zeigte ſich, daß daſſelbe in beiden Armen höher ſtieg, aber in dem längern bedeutend mehr als in dem kürzern. Hatte er dies Füllen ſo weit fortgeſetzt, daß das Queckſilber in b c genau in der Mitte h zwiſchen f und c ſtand, ſo erreichte es in a b die Höhe g, und als er hierauf den Abſtand k g maß, um welchen g höher als h hinaufreichte, ſo betrug derſelbe genau 29 engl. Zoll, wie die Höhe der Queckſilberſäule im Barometer. Damit war nun klar an den Tag gelegt, daß die in c h zuſammengepreßte Luft Elaſticität beſitze, und zwar genau eine doppelt ſo große, als die freie Atmoſphäre; denn ſie hielt nicht blos dieſer, ſondern auch noch einer eben ſo ſtark drückenden Queckſilberſäule k g das Gleichgewicht.

Boyle's Expanſionsmeſſer.

Später hielt man den von Linus angeregten Streit der weitern Verfolgung nicht werth, faßte aber dafür dieſen Boyleſchen Verſuch ſchärfer ins Auge. Richard Townley, ein ausgezeichneter Schüler Boyle's, wiederholte den Verſuch und fand das Geſetz, daß die Elaſticität der abgeſperrten Luft genau in demſelben Verhältniß wachſe, als ſie in einen kleinern Raum zuſammengepreßt wurde. Beide Männer prüften dann dieſes Geſetz vereinigt und fanden es vollkommen der Erfahrung entſprechend.



Boyle's Verſuche über Ausdehnbarkeit der Luft.

Jetzt kam es darauf an, die Regel auch umgekehrt zu prüfen, ob nämlich die Luft auch in eben dem Maße ſich auszudehnen ſtrebe, als ſie weniger ſtark gedrückt werde. Boyle nahm dazu ein 6 Fuß hohes, mäßig weites Gefäß A A, füllte daſſelbe bis a a mit Queckſilber an, tauchte eine an beiden Enden offene, eben ſo lange Barometerröhre b c hinein, bis das mit Luft erfüllte Ende b d genau einen Zoll hoch über a a emporragte, verſchloß dann die Oeffnung b recht luftdicht und zog die Röhre zu der durch b' c' angedeuteten Höhe empor. Da dehnte ſich die abgeſperrte Luft von b' bis e aus, zog aber auch zugleich eine Queckſilberſäule e f mit über a a empor. Betrug b' e gerade 2 Zoll, ſo beſaß e f die Höhe von 15¾ Zoll. Die Queckſilberſäule im Barometer war 29¼ Zoll hoch. Da nun die Luft in der Röhre erſt mit Hülfe der Queckſilberſäule e f dem atmoſphäriſchen Drucke auf a a das Gleichgewicht halten konnte, ſo mußte ſie für ſich allein 29¼ weniger 15¾ Zoll Queckſilberdruck gleich ſein, das iſt 14⅜ Zoll, welches ſehr nahe die Hälfte von 29¼ Zoll iſt. Noch ſorgfältiger durchgeführte Verſuche ließen auch dieſe kleine Differenz ganz verſchwinden, und es ergab ſich die volle Gültigkeit des Geſetzes, daß die Luft genau in demſelben Verhältniß ſich auszudehnen ſtrebe, als ſie weniger ſtark zuſammengepreßt werde.

Funfzehn Jahre später kam Mariotte, ohne Boyle's Arbeit zu kennen, fast auf demselben Wege zu demselben Gesetze. In seinem berühmten 1676 erschienenen Werke, „über die Natur der Luft" verkündete er dasselbe als etwas ganz Neues. Seitdem führt es den Namen Mariotte'sches Gesetz. Mariotte hat übrigens das Verdienst, die Sache recht klar und bestimmt nachgewiesen und in Worte gekleidet zu haben. „Die Räume," sagt er, „welche eine und dieselbe Menge Luft bei constanter Temperatur einnimmt, sind umgekehrt der Größe des Druckes proportionirt, unter dem sie zusammengepreßt wird, so daß sie unter einem Drucke von 2, 3, 4 Atmosphären nur noch $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ so viel Raum einnimmt als ursprünglich."

In unseren Tagen wählte die Akademie der Wissenschaften zu Paris eine Commission, an deren Spitze Arago und Dulong standen, zur nochmaligen genauen Prüfung des Mariotte'schen Gesetzes. Sie führten ihre weltberühmten Versuche in dem einen Thurme des Collége Henri IV durch. Der Apparat war im Wesentlichen dem Boyle'schen gleich, nur viel großartiger. Der längere Röhrenarm war an einem Mastbaum von 110 Fuß Höhe befestigt und bestand aus 13 Glasröhren von 6 Fuß Länge und 2 Linien Weite. Das Resultat dieser Versuche ergab, daß das Gesetz selbst noch bei einem Drucke von 27 Atmosphären unveränderlich dasselbe blieb. Seitdem hält man die Sache für unbedingt wahr. Wir dürfen indeß nicht unerwähnt lassen, daß nach neueren Versuchen von Regnault wirklich kleine Abweichungen vorkommen, welche aber sehr gering sind und erst bei viel größerer Verdichtung zur wirklichen Wahrnehmbarkeit gelangen, so daß wir gar keine Rücksicht darauf zu nehmen haben.

Die Luft ist in ihrem gewöhnlichen Zustande nur $\frac{1}{770}$ so dicht als Wasser. Wollte man dieselbe also so weit verdichten, bis sie mit diesem auf derselben Stufe der Dichtigkeit stände, so gehörte nach dem Mariotte'schen Gesetze ein Druck von 770 Atmosphären dazu. Uebrigens würde die dann erhaltene Flüssigkeit doch nie Wasser selbst sein, da die Luft aus ganz anderen Bestandtheilen zusammengesetzt ist, als das Wasser. Wir werden diesen Gegenstand später noch besonders in Betracht ziehen.

Wie hoch ist nun aber unsere Atmosphäre? — Die Beantwortung dieser Frage hat schon viele Köpfe in Bewegung gesetzt. Gewöhnlich fertigt man die Sache damit ab, daß man sagt, die Atmosphäre ist 10 Meilen hoch und hält eine weitere Begründung für überflüssig. So wollen wir es aber nicht machen.

Nach dem Mariotte'schen Gesetze nimmt die Dichtigkeit der Luft immer mehr und mehr ab, je höher sie über der Oberfläche der Erde gelegen ist. Erlitte dieses Gesetz nie eine Aenderung, wie weit die Verdünnung auch gesteigert werden möchte, so besäße die Atmosphäre gar keine Grenzen und sie verbreitete sich durch den ganzen Weltraum. Sie würde nur theilweise durch die Schwerkraft der Erde festgehalten, übrigens wäre sie ein Gemeingut aller Himmelskörper, so daß jeder im Verhältniß seiner Schwerkraft sich einen Theil davon als seine Atmosphäre aneignete. Das stimmt aber gar nicht mit der Erfahrung überein. Denn schon bei unserm Monde ist es noch ganz in Zweifel gestellt, ob er überhaupt eine

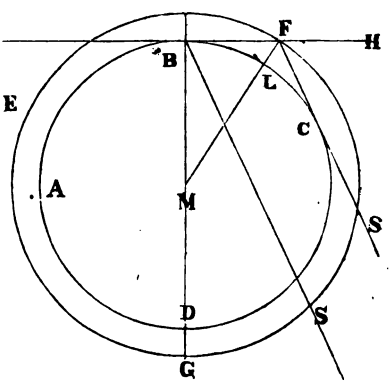
Atmosphäre besitzt; sollte dies aber wirklich der Fall sein, so müßte sie jeden Falls viel weniger dicht sein, als die Mondesschwere eine Veranlassung dazu gäbe. Diese und noch mehrere andere Gründe führten zu der Ueberzeugung, daß die Atmosphäre nur an unsere Erde gebunden und wirklich begrenzt sein müsse. Darnach hat die Frage nach der Höhe der Atmosphäre eine wohlbegründete Berechtigung.

Zunächst hat man sich über ein Minimum und Maximum der Höhe unserer Atmosphäre zu einigen gesucht. Das Quecksilber ist etwas mehr als 10,000 mal schwerer als die Luft. Angenommen nun, die Luft habe von der Tiefe bis zu ihrer obersten Grenze hinauf dieselbe Dichtigkeit, so müßte sie, da sie einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht hält, etwas mehr als 280,000 Zoll hoch hinaufragen. Etwas mehr als 280,000 Zoll sind aber beinahe 24,000 Fuß oder eine deutsche Meile. Daraus folgt also, daß die Höhe der Atmosphäre wenigstens größer als eine Meile sei. Dieses Minimum liegt aber weit unter der Wirklichkeit. Die Bergreisenden und Luftschiffer, welche in der Atmosphäre schon beinahe eine Meile hoch emporgestiegen waren, sahen über sich Wolken und Vögel in fast noch einmal so großer Höhe. Das Maximum der Atmosphärenhöhe ist von Laplace durch folgende Betrachtung bestimmt. Durch die tägliche Umdrehung der Erde, an welcher, wie die Erfahrung lehrt, auch die Atmosphäre Theil hat, entsteht die Schwungkraft, welche die irdischen Stoffe von dem Mittelpunkt der Erde zu entfernen strebt, und daher der Schwerkraft entgegenarbeitet, welche dieselben Stoffe dem Erdmittelpunkte näher zu bringen trachtet. Die Schwung- oder Centrifugalkraft fällt um so größer aus, in je größerer Entfernung von der Erdaxe der betreffende Gegenstand die Tagesdrehung mit zu machen hat. Es wird also auch in der Atmosphäre eine Region vorkommen, wo die Schwungkraft der Schwerkraft gleich ist, so daß von hier ab in größerer Entfernung die Luft gar nicht mehr an die Erde und ihre Tagesdrehung gebunden wäre. Da nun nach einer der berühmten Kepler'schen Regeln für die Bewegung himmlischer Körper sich die Quadrate der Umlaufzeiten wie die Kuben der Entfernungen vom Centralkörper verhalten, um welchen der Umlauf vor sich geht, so müßte, wenn der Abstand des Mondes vom Mittelpunkte der Erde 60 Erdhalbmesser und die auf den Fixsternhimmel bezogene Umlaufszeit desselben 27 Tage dauerte, sich das Quadrat von 27 zu Eins verhalten, wie der Kubus von 60 zu dem Kubus der gesuchten Entfernung. Durch diese leicht durchzuführende Reguladetrirechnung findet man für die Weite, in welcher die Umlaufsbewegung des Mondes oder jedes andern dafür an den Platz zu setzenden Körpers gerade einen Tag dauerte, $6\frac{1}{4}$ Erdhalbmesser. Diese Rechnung paßt genau auch auf die Grenze der Erdatmosphäre und sie lehrt uns, daß in einer Höhe von $6\frac{1}{4}$ Erdhalbmesser aller anziehende Einfluß zum Mittelpunkte der Erde hin neutralisirt sein müsse. Hiernach könnte die größte Höhe der Erdatmosphäre, von der Oberfläche der Erde ab gerechnet, nicht $5\frac{1}{4}$ Erdhalbmesser übersteigen. Diese Höhe beträgt 4730 Meilen. Folglich liegt das Feld der Möglichkeiten in Bezug auf die Höhe der Atmosphäre zwischen 1 und 4730 Meilen.

Alexander von Humboldt kam unter anderer Voraussetzung zu einem der Wahrheit schon näher gerückten Resultate. Angenommen, sagte er, daß das Quecksilber in sich selbst immer eine und dieselbe Ausdehnung behalte und daß unserer Erfahrung entsprechend das Barometer bei je 726 p. Fuß größerer Höhe um $\frac{1}{100}$ seiner Säulenhöhe falle, so müßte man 200 mal 726 p. Fuß oder 145,200 p. Fuß in der Atmosphäre emporgestiegen sein, bis das Quecksilber im Barometer auf Null gesunken wäre. Darnach betrüge die Höhe der Atmosphäre etwa 6 Meilen. Eine solche Voraussetzung ist aber nicht ganz richtig. Das Quecksilber zieht sich bei Abnahme der Temperatur zusammen, wodurch also ein Sinken der Barometersäule bewirkt wird, welches unabhängig von dem Drucke der Luft ist. Will man nun auch hierauf mit Rücksicht nehmen und das Ganze in Durchschnittszahlen beachten, so kann man sagen, daß das Barometer bei je 726 Fuß größerer Höhe um $\frac{1}{900}$ seiner Säulenhöhe falle; soll also die ganze Säulenhöhe zum Niveau herabgesunken sein, so müsse das Barometer in eine Höhe von 900 mal 726 Fuß oder 653,400 Fuß gebracht werden. In dieser Höhe von 27 gr. Meilen hätte dann die Atmosphäre ihre oberste Grenze erreicht.

Neben dieser und mehreren anderen neueren Bestimmungen der Atmosphärenhöhe erhält sich aber eine viel ältere mit ganz besonderer Beachtung. Sie rührt von Alhazen, einem berühmten arabischen Gelehrten her, der im zwölften Jahrhundert lebte. Er bestimmte die Atmosphäre durch die Morgen- und Abenddämmerung. Die dabei zu Grunde gelegte Methode haben später Kepler, Newton, Halley, de la Hire, Euler u. A. zu der ihrigen gemacht und allmählich zu immer größerer Vollkommenheit erhoben. Wir wollen versuchen, uns mit den Grundzügen derselben bekannt zu machen.

Der Kreis A B C D sei das Profilbild unserer Erdkugel, und der dazu gehörende concentrische Kreis E F G die oberste Grenze der Atmosphäre. Ferner stelle für den Beobachtungsort B die Linie B F H die Richtung des Horizontes dar, welche lothrecht steht zum Erdhalbmesser M B. Man weiß nun durch die Erfahrung, daß an dem jedesmaligen Ende einer ungestörten Abenddämmerung die Sonne schon 18° unter dem Horizonte steht, also muß in diesem Augenblicke die Richtung B S, von B nach dem Sonnenorte S, sich zu dem Horizonte B H unter einem Winkel von 18 Grad neigen, und wenn dann noch einer der parallelen Sonnenstrahlen zu dem Auge B des Beobachters gelangen sollte, so müßte es der von S C F sein, welcher in C den Kreis um M berührte und in



Höhe der Atmosphäre, aus dem Dämmerungswinkel berechnet.

F nach F B von der äußersten Grenze der Atmosphäre zum Beobachterauge zurückgeworfen würde. Der parallele Sonnenstrahl S F muß zu B H auch unter dem Winkel von 18° geneigt sein, folglich wäre der Winkel B F C = 180° weniger 18°, also gleich 162°. Nun ist aber bekannt, daß der Einfallsstrahl S C F sich unter eben dem Winkel zum Einfallsloth F M neigen muß, wie der Ausfallsstrahl F B dazu geneigt ist, mithin wäre der Winkel B F M gleich 81° groß, der Hälfte von 162°. Von dem Dreiecke B F M sind nun M B als Halbmesser der Erde, und die beiden Winkel M F B, M B F bekannt, woraus sich dasselbe construiren und berechnen läßt. Setzt man den Halbmesser M B zu 860 Meilen, so findet man für M F 870¼ Meilen. Folglich wäre L F, die Höhe der Atmosphäre, gleich 10¼ Meilen.

Bei der eben kennengelernten Bestimmung ist die strahlenbrechende Kraft der Luft ganz außer Acht gelassen, wovon natürlich Alhazen noch gar Nichts wissen konnte; wird auch diese mit berücksichtigt, so erhält man eine noch etwas kleinere Zahl für die Höhe der Atmosphäre, so daß sie zwischen 8 und 10 Meilen gelegen ist. Lambert fand die Höhe der Atmosphäre auf diesem Wege unter Berücksichtigung aller einwirkenden Verhältnisse sogar nur 4 Meilen, und Biot 6¼ Meilen. Uebrigens leuchtet aber ein, daß auch diese Bestimmungsmethode nur auf unsicherer hypothetischer Grundlage ruht. Denn einmal ist die Annahme, daß die Abenddämmerung jedesmal dann ihr Ende erreicht habe, sobald die Sonne 18 Grad unter dem Horizont steht, in der Wirklichkeit nicht so genau bestimmt, wie es hier scheint; das Ganze beruht nur auf einiger Wahrscheinlichkeit, wenn man den Ort der Beobachtung unter den Aequator setzt. Ferner ist klar, daß man die letzten Sonnenstrahlen, welche das Auge am Schlusse der Abenddämmerung empfindet, nicht blos durch eine Zurückspiegelung von der äußern Atmosphärengrenze, sondern erst durch zwei, drei oder noch mehrere zum Bewußtsein bringen kann, wodurch dann die Höhe der Atmosphäre immer noch kleiner werden müßte. Ueberhaupt beweist diese ganze Untersuchung nur, daß die Höhe der Atmosphäre, wo dieselbe noch eine zurückspiegelnde und strahlenbrechende Kraft auf das Sonnenlicht äußern kann, etwa 4 bis 10 Meilen groß zu setzen ist, woraus offenbar gar noch nicht folgt, daß sie nicht noch viel höher hinauf reichen könne, wo sie dann das Licht ohne merkliche Spiegelung und Strahlenbrechung hindurchließe.

Wollen wir also ehrlich sein, so müssen wir gestehen, daß wir gar noch nicht mit Bestimmtheit angeben können, wie hoch die Atmosphäre hinaufreicht. Und zu derselben Unsicherheit kommen wir auch nur, sobald wir bestimmen wollen, welche Gestalt die Atmosphäre in ihrer obern Grenze besitzt. Wäre in der Temperatur der Luft nirgends ein Unterschied und stände die Erde ohne Bewegung still, so müßte diese obere Grenzfläche überall der Erdoberfläche parallel sein und wie diese einer Kugel angehören. Nun wissen wir aber, daß keine dieser Voraussetzungen mit der Wirklichkeit übereinstimmt, also fällt auch die Kugelgrenze der Atmosphäre weg. Wenn nun schon die feste Erde durch die von der Tagesrotation erzeugte Centrifugalkraft an den Polen abgeplattet und

unter dem Aequator aufgetrieben ist, so muß dies in noch stärkerem Maße bei ihrer so leicht beweglichen atmosphärischen Umhüllung der Fall sein. Nach den in dieser Hinsicht von Laplace angestellten Untersuchungen hat sich als äußerste Möglichkeit ergeben, daß sich bei der Atmosphärenoberfläche der Aequatorhalbmesser zu dem Polhalbmesser verhalte wie 3 zu 2. Dagegen fand G. G. Schmidt dieses Verhältniß nur 275 zu 271, so daß dasselbe von dem der festen Erde, welches 300 zu 299 ist, gar nicht so sehr verschieden wäre, wie man es doch für wahrscheinlich halten muß. Eduard Schmidt findet in seiner mathematischen Geographie die Höhe der Atmosphäre über dem Aequator $7\frac{5}{10}$ Meilen und über dem Pole $5\frac{1}{4}$ Meilen. Dies verdient den meisten Glauben. Ein sehr merkwürdiges unwahrscheinliches Resultat hat Zach herausgefunden; hiernach verhält sich der Aequatorhalbmesser zu dem des Pols wie 338 zu 337, so daß die Abplattung des Atmosphärensphäroids noch kleiner wäre als die der festen Erde.

Groß ist also die Verschiedenheit der Ansichten und Feststellungen über die Höhe und Gestalt der Atmosphäre. Unser Wissen ist in diesem Punkte noch sehr schwach begründet. Aber dennoch wird jetzt ziemlich allgemein für wahr gehalten, daß unter dem Aequator die Atmosphäre 10 Meilen und unter den Polen 7 Meilen Höhe besitze. Man weiß nicht recht, von wem diese Hypothese herrührt und welche besonderen Gründe für ihre Entschiedenheit gestimmt haben. Wahrscheinlich hat dabei der Zufall mitgespielt. Mag dem aber sein, wie ihm wolle, große Gewißheit liegt nicht darin. Glücklicherweise sind unsere ferneren Untersuchungen gar nicht von dieser Unsicherheit unsers Wissens abhängig.

Bei dem Messen der Bergeshöhen mit Hülfe des Barometers stand man Anfangs ebenfalls auf einer sehr unsichern Grundlage, indeß wußte man doch die Erfahrung zu Rathe zu ziehen, so daß man zuletzt eine Methode herausgefunden hat, welche zu bewundernswürdig genauen Resultaten führt.

Pascal gab in seiner 1663 erschienenen Schrift „über das Gleichgewicht und die Schwere der Luft" die erste Anregung zu dem Höhenmessen mit dem Barometer. Mariotte nahm dann die Angelegenheit in die Hand und suchte ihr eine auf die Erfahrung gestützte sicherere Basis zu geben. Er benutzte dazu die bekanntlich sehr tiefen Keller unter der Sternwarte zu Paris, und fand, daß man genau 63 Fuß höher steigen müsse, wenn das Quecksilber im Barometer gerade um 1 Linie fallen sollte. Nun dachte er sich die ganze Atmosphäre von unten nach oben in Schichten getheilt, welche auf einander folgend gleichgroße Druckverluste im Barometer an den Tag legen sollten. Jeder Druckverlust möge $\frac{1}{12}$ Linie ausmachen, und er hatte durch Versuche gefunden, daß die unterste Schicht 5 Fuß Höhe besaß. Das Quecksilber stand ganz unten 28 Zoll oder 336 Linien, folglich war die Zahl der Schichten 12 mal 336 oder 4032. Ferner nahm er zur Regel an, daß die Höhe der Schichten genau im umgekehrten Verhältniß ihrer Ordnungszahl wachsen solle. Ist daher die unterste 4032ste Schicht 5 Fuß hoch, so wäre die 4000ste Schicht $5\frac{4}{5}$ Fuß und die 2016te Schicht 10 Fuß hoch. In jeder Schicht verliere nun das Quecksilber $\frac{1}{12}$ Linie seiner Höhe, wonach man also aus dem Fallen des Quecksilbers auf die Zahl

der Schichten zurückschließen konnte. Berechnete man dann nach der vorhin erwähnten Regel die Höhe der einzelnen Schichten und brachte diese in Summe, so erhielt man die Höhe des Berges. Das war ein sehr weitläufiges, künstliches Verfahren, welches sich überdies gar nicht mit der Wirklichkeit in Einklang bringen lassen wollte. So fanden Condamine und Bouguer, als sie in der Mitte des vorigen Jahrhunderts bei ihrer berühmten Gradmessung unter dem Aequator in Amerika den Caraçon erstiegen hatten, von dem die trigonometrische Messung 1,8240 Fuß ergab, daß ihr Barometer um 146 Linien gefallen war, und sie mußten also 1752 Mariotte'sche Luftschichten höher gekommen sein; die Summe aller dieser Schichten ergab aber nur eine Höhe von 12,039 Fuß, welche also beinahe um 3000 Fuß zu klein war. — Aber auch bei kleineren Höhen wollte die Regel nicht zutreffen. Im Bade Pfeffers hatte Jakob Scheuchzer die Höhe einer senkrechten Felsenwand, mit Hülfe einer Schnur gemessen, 714 Fuß gefunden. Das aus der Tiefe in die Höhe gebrachte Barometer fiel genau 10 Linien, also mußte hiernach die Felswand 655 Fuß hoch sein; das gab ein 59 Fuß zu kleines Resultat. Die Mariotte'sche Regel wurde daher wieder aufgegeben. Ein ähnliches Schicksal hatten noch mehrere andere Methoden, welche von Maraldi, Cassini, Musschenbroek u. A. aufgestellt wurden.

Schlucht beim Bad Pfeffers.

Während dieses vergeblichen Bemühens hatte sich Halley einen ganz neuen Weg aufgefunden, von dem man mit ganzer Sicherheit erwarten konnte, daß er zum richtigen Ziele führen mußte. Er benutzte dazu den Newtonschen Fluxionscalcul, und wandte denselben auf das Mariotte'sche Gesetz der Expansion der Luft an. Die so gefundene Formel brachte die Höhen im Luftkreise mit den Logarithmen der Barometerhöhen in eine einfache Beziehung. Diese Formel war es nun, woran die großen mathematischen Geister de la Hire, Bouguer, Tobias Mayer, Lambert, Laplace, Bessel und Gauß ihren Scharfsinn geübt haben. Dadurch erhielt sie zuletzt eine solche Schärfe, daß sie zu sicheren Resultaten führte als die Trigonometrie, als selbst die unmittelbare Messung nur geben konnte. Sie ist so eine mit Recht hochgeschätzte Perle unserer heutigen praktischen Früchte der Wissenschaften.

III.

Die Luftpumpe,

ein Haupthülfsmittel, die Wirkungen der Schwere und Expanſion der Luft durch Verſuche zur Anſchauung zu bringen.

Otto von Guericke's Wege zur Erfindung ſeiner Luftpumpe. Beſchreibung derſelben. Verſuche mit den Magdeburgiſchen Halbkugeln zu Regensburg vor Kaiſer und Reichsrath. Beſeitigung der Anſichten, daß Boyle vor Guericke die Luftpumpe erfunden habe. Verbeſſerungen. Windbüchſe. Anwendung der Luftpumpe. Fallverſuche im luftleeren Raume. Die atmoſphäriſche Eiſenbahn von Samuda und Clegg.

Als Torricelli die Möglichkeit nachgewieſen hatte, einen wirklich luftleeren Raum darſtellen zu können, ſo ſann er ſchon ſelbſt, ganz vorzugsweiſe aber ſeine eifrigen Anhänger und Nachfolger auf allerlei Hülfsmittel, durch welche ſich ſowol die Schwere als die Elaſticität der Luft veranſchaulichen ließen. So entſtanden die damals viel beachteten Florentiner Experimente, welche überall mit dem ſchönſten Erfolge nachgeahmt wurden; ſie erweckten aber auch zugleich den lebhaften Wunſch nach bequemern Hülfsmitteln zum Luftleermachen größerer Verſuchsräume. Am meiſten intereſſirte ſich Otto von Guericke, kurbrandenburgiſcher Rath und Bürgermeiſter der Stadt Magdeburg, für die Sache.

Er nahm zuerſt ein luftdichtes großes Weinfaß A (S. 39), befeſtigte unmittelbar über deſſen Boden ein metallenes Pumpenrohr c d von einer alten Feuerſpritze daran. Das Faß wurde auf einen Dreifuß geſtellt und ganz voll Waſſer gefüllt. Dem Pumpenrohre gab man eine feſte Unterlage, damit es unbeweglich blieb, wenn ſein Stempel e mit Kraft vor und zurück bewegt wurde. An dem untern Ende c des Cylinders c d war noch eine Abflußröhre angebracht, welche mit Hülfe des Hahns f geöffnet oder geſchloſſen werden konnte. Guericke machte ſich nun

Hoffnung, durch diese Vorrichtung das Wasser aus dem Fasse pumpen zu können, ohne daß dafür wieder Luft an den Platz kam und daher das ganze Faß zuletzt wasser- und luftleer zu machen. Er schloß zu diesem Zwecke den Hahn f, öffnete die Verbindung b zwischen Pumpe und Faß, und ließ von einigen handfesten Männern den Kolben in c d vorziehen, wodurch sich diese Pumpenröhre mit Wasser füllte. Darauf schloß er den Hahn b, öffnete f, damit das in c d abgefangene Wasser mit Hülfe des zurückgetriebenen Kolben wieder abfließen konnte. Dann wurde f auf's Neue geschlossen, b geöffnet und der Kolben in c d wieder emporgezogen. Die Arbeiter klagten sehr über das Angreifende ihres Geschäfts, und sie hatten Recht, denn wenn auch das Pumpenrohr nur 4 Zoll innere Weite besaß, so lag auf dem Kolben doch schon eine atmosphärische Drucklast von nahe an 200 Pfunden, welche sie außer der Reibung jedesmal zu heben hatten. Als nun aber auf diese Weise drei bis vier Kolbenzüge gethan waren, so ließ das Faß ein stark zischendes Geräusch hören, und legte man das Ohr daran, so vernahm man deutlich, wie der Wasserinhalt bei jedem Pumpenzuge in eine unruhige wallende Bewegung gerieth. Das Zischen rührte offenbar davon her, daß sich die äußere Luft mit Gewalt einen Weg durch die Fugen, Ritzen und Poren des Fasses bahnte.

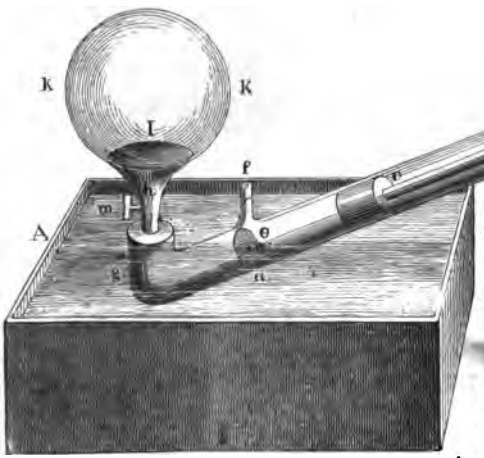
Der eben beschriebene Versuch mißlang also vollkommen, und lehrte zugleich, daß man mit einem Holzgefäße nie zum Ziele kommen würde. Otto von Guericke nahm daher eine aus Kupferblech getriebene Hohlkugel, die 60 bis 70 Maß Raum einschloß, füllte dieselbe voll Wasser, und suchte dann diese wie vorhin das Faß durch das Herauspumpen des Wassers luftleer zu machen. Anfangs ging die Sache vortrefflich, auf einmal wurde aber die ganze Kugel mit einem lauten Krach platt gedrückt. Sie war nicht im Stande, der Gewalt des äußern Luftdrucks zu widerstehen. Guericke ließ sich jedoch durch dieses abermalige Mißlingen nicht irre machen. Er nahm eine Kugel von viel stärkerem Material und hatte nun die Freude, den Zweck ganz nach Wunsch erreicht zu sehen.

Die Vorrichtung litt aber noch an mancherlei Unvollkommenheiten. Zunächst beseitigte er die Abflußröhre mit dem Hahn f, und gab dafür dem Hahn b eine doppelte Durchbohrung, so daß die zweite Durchbohrung, welche bei einer Viertelumdrehung des Hahnes in Thätigkeit trat, dem Wasser aus c d einen Ausweg gestattete, zugleich aber auch dem Wasserinhalte in A den Weg versperrte. Wenn er übrigens diesen Hahn und überhaupt den ganzen Apparat noch so genau eingerichtet hatte, so war es ihm doch nicht möglich, die Kugel auf längere Zeit luftleer zu erhalten, nach wenigen Stunden war ihr innerer Raum immer wieder mit Luft angefüllt. Nach der damaligen Ansicht wußte er sich dies nicht anders zu erklären, als daß das im Innern sich anhängende Wasser in Luft umgewandelt werde. Aus diesem Grunde sann er auf Mittel, das Luftleermachen ganz ohne die vermittelnde Flüssigkeit gleich direkt durchführen zu können. Dies brachte ihn nun zur Erfindung der weltberühmten Luftpumpe. Es war um's Jahr 1650.

Guericke's Faßpumpe.

Guericke's erste Luftpumpe (S. 40), welche dem Zwecke vollkommen entsprach, bestand zunächst aus einem sorgfältig ausgebohrten Metallcylinder a b, welcher den Kunstnamen Stiefel erhielt; in diesem ließ sich dann ein luftdicht anschließender Kolben c mit Hülfe des Stiels c d auf und nieder bewegen. Die Oeffnung e im Boden des Stiefels war inwendig mit einem straffgespannten Lederstreifen überdeckt, welcher sich ähnlich wie das Lederventil im gewöhnlichen Blasebalg lüpfte, wenn die Luft nach dem Innern des Stiefels strebte, dagegen sich schloß und den Weg versperrte, wenn die Luft aus dem Stiefel auf diesem Wege wieder austreten wollte. Dicht über dem Boden des Cylinders befand sich oben in dem Mantel noch eine in eine Röhre auslaufende Oeffnung f, welche auch mit dem Innern des Stiefels communicirte. Diese war nach außen hin ähnlich wie e mit einem Lederventil überdeckt, so daß die von innen nach außen getriebene Luft dadurch entweichen konnte, dagegen sich aber schloß, wenn von außen Luft in das Innere wollte. Mit dem Stiefel a b stand dann noch ein einfach durchbohrtes Metallstück a g in Verbindung, welches die Mündung nach oben kehrte, wo hinein der Hals h einer Glaskugel k k mit Hülfe von Wachs luftdicht hin-

eingekittet war. Die eigentliche Mündung l dieser Kugel war verhältnißmäßig weit, zum Einbringen der Gegenstände, an denen man die Wirkung des luftleeren Raumes erproben wollte; sie stand mit der weiter unten sich verengenden Metallfassung auch durch Wachskitt in luftdichter Verbindung. Der Hahn m diente zum Oeffnen und Schließen der Fassung h. Die Kugel k k erhielt den Kunstnamen Recipient. Um so viel als möglich alle Verbindung mit der freien Luft auszuschließen, wurde der ganze Apparat in einem Gefäße A so unter Wasser gelegt, daß nur das obere Ende des schräg emporsteigenden Stiefels die Mündung f und der Recipient k h k daraus hervorragten. Sollte der Apparat nun benutzt werden, so öffnete man den Hahn m, darauf wurde der Kolben c im Stiefel emporgezogen, wodurch sich unter ihm ein leerer Raum bildete; das Ventil e ward durch die aus k k kommende dagegen drückende Luft geöffnet, es gestattete die Ausbreitung dieser Luft in dem dargebotenen größern Raume. Sobald der Kolben wieder hinabbewegt wurde, schloß die im Stiefel abgefangene Luft das Ventil e, öffnete aber das Ventil bei f und entwich hier ins Freie. Man sieht, daß durch diese sehr sinnreiche Einrichtung der Ventile die vorhin kennen gelernte beschwerliche Hahnbewegung ganz beseitigt war.



Guericke's erste Luftpumpe.

Otto von Guericke konnte mit seiner Luftpumpe den Recipienten k k fast ganz luftleer machen und damit dann durch eine große Reihe interessanter Versuche die Schwere, die Expansion und den Druck der Luft nachweisen. Diese sogenannten Magdeburgischen Versuche erregten sehr bald ungemeine Aufmerksamkeit. Das allgemeine Interesse für die Sache war so groß, daß im Jahre 1654 auf dem Reichstage zu Regensburg, auf welchem Otto von Guericke als Deputirter thätig war, der Kaiser Ferdinand III. den Wunsch aussprach, die Experimente mit der Luftpumpe einmal mit eigenen Augen zu sehen. So kam es denn, daß Guericke seine Versuche vor dem Kaiser, den Fürsten und Räthen des Reiches zu Regensburg anstellte und sehr große Bewunderung einerntete. Bei diesem weltgeschichtlichen physikalischen Schauspiel erregten ganz vorzugs-

weise die sogenannten Magdeburgischen Halbkugeln die größte Verwunderung. Wir wollen davon eine nähere Beschreibung zu geben versuchen.

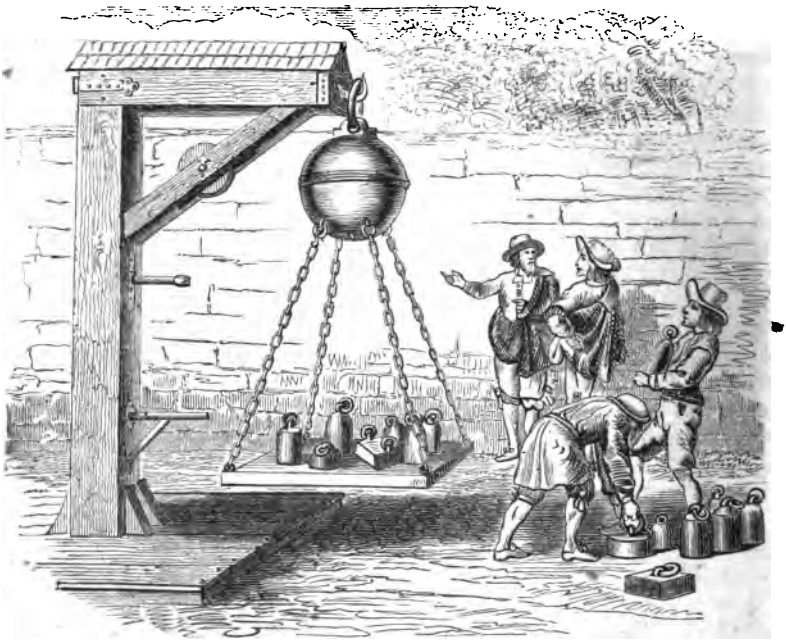
Es gehörten dazu zwei hohle Halbkugeln, aus dickem Kupferblech getrieben. Der Durchmesser ihrer inneren Weite betrug $\frac{6}{100}$ Ellen. An ihrer Schnittfläche trugen sie einen etwas breiten, sehr eben abgeschliffenen Rand, womit sie luftdicht auf einander paßten. Die eine hatte eine Röhrenöffnung, welche mit Hülfe eines Hahns geöffnet oder geschlossen werden konnte. Mit dieser Röhre wurde der Apparat an den Platz des vorhin kennengelernten Recipienten gebracht und wie dieser durch die Luftpumpe luftleer gemacht. Um die Verbindung der Halbkugeln möglichst luftdicht zu machen, wurde zwischen die Durchschnittsränder der Halbkugeln ein mit Baumwachs überzogener Lederring gelegt. Metallringe dienten zum Anspannen der Pferde. Wurden nun die Halbkugeln mit Hülfe des Lederrings luftdicht zusammengepaßt und ihr innerer Raum dann rasch luftleer gemacht, so hielten sie durch den außen auf ihnen lastenden Luftdruck so gewaltig fest zusammen, daß 16 stark angetriebene kräftige Pferde kaum im Stande waren, sie wieder von einander zu reißen. Erfolgte dies aber dennoch zuletzt, so geschah es mit einem lauten Knall wie ein Büchsenschuß. Hatte man dagegen durch das Oeffnen des Hahns die Luft wieder eingelassen, so konnte ein einziger Mensch, selbst ohne große Anstrengung die Halbkugeln von einander nehmen.

Hohle Halbkugeln zu Guericke's Experiment.

Es läßt sich denken, daß das Staunen über eine so mächtige Naturkraft, von der man bis dahin kaum noch eine Ahnung gehabt hatte, gewaltig groß sein mußte. Otto von Guericke freute sich sehr über die allgemeine Beachtung und über die große Bewunderung, begnügte sich aber damit noch nicht, sondern er suchte das Ganze auch auf die Ursachen zurückzuführen. Er sagte daher, wenn man den atmosphärischen Druck auch nur auf die Flächen der größten Kreise bezieht, welche den zusammenpassenden Ringen der Halbkugeln entsprechen, so erhält man auf jeder Seite einen Druck von 2686 Pfund unter Voraussetzung der völligen Luftleere im Innern. Würde dieser dann unter 8 Pferde gleichmäßig vertheilt, so fiele jedem Pferde eine Last von beinahe 336 Pfund zu, und nach den Versuchen, welche in dieser Hinsicht angestellt worden sind, vermag ein Pferd durchschnittlich nur 175 Pfund Last im horizontalen Zuge zu bewältigen. Nach dieser Voraussetzung ist es also unmöglich, daß 16 Pferde die Kugel auseinanderreißen können. Wenn dies nun dennoch zuletzt durchgeführt worden ist, sagte Guericke, so folge daraus, daß es schwer sei, die Kugel ganz luftleer zu machen, oder sie lange in diesem Zustande er-

halten zu können. Uebrigens wollen wir hier noch bemerken, daß der ganze Druck, welcher auf der Oberfläche jeder Halbkugel laſtet, gerade doppelt ſo groß iſt, als der auf dem zugehörigen Größtenkreiſe, und daß er auf jeden Quadratzoll nicht 13½ Pfund, ſondern 15 Pfund ſtark drückt, wonach alſo die von je 8 Pferden zu überwindende Druckgröße noch mehr denn 6000 Pfund betragen hätte.

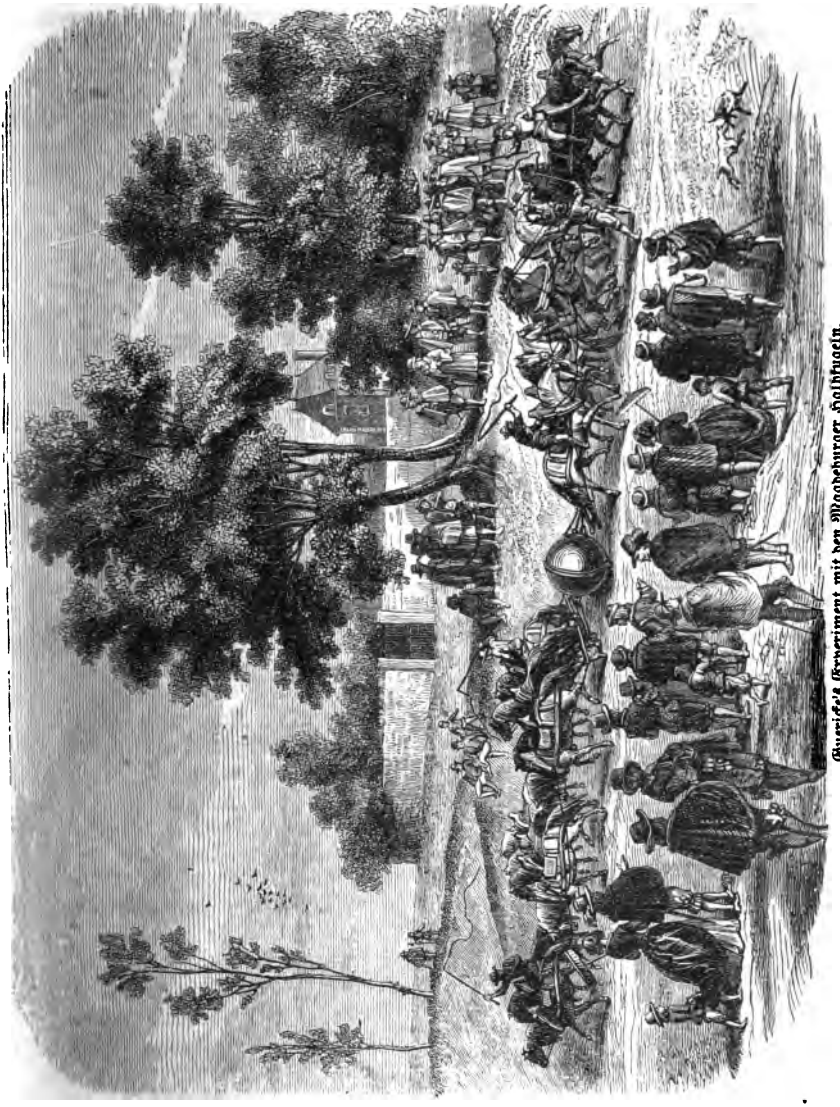
Später ließ ſich Guericke noch ein Paar größere Halbkugeln anfertigen, deren Durchmeſſer eine ganze Elle betrug. Dieſe konnten einſt ſogar von 30 Pferden nicht aus einander geriſſen werden. Auch verſuchte er auf ſeinem Hofe



Guericke wägt den Luftdruck.

die Kraft des Zuſammenhaltens der Kugelhälften unmittelbar durch das Gewicht zu prüfen und kam ſo zu Reſultaten, welche noch genauer der Torricellianiſchen Anſicht vom Drucke der Luft entſprachen.

Alle dieſe ſogenannten Magdeburgiſchen Verſuche wurden ſehr ausführlich in einem von dem Jeſuiten Caspar Schott verfaßten, 1657 gedruckten Werke über die Luft und die Waſſerkünſte beſchrieben. Er war Profeſſor der Mathematik in Würzburg, hatte gerade bei der Herausgabe ſeiner Schrift von den Regensburger Verſuchen mit der Luftpumpe gehört und wünſchte Nichts ſehnlicher, als das Ganze mit aufnehmen zu können. Er ſchrieb deshalb an Otto von Guericke, und er hatte die Freude, von dieſem ſehr bereitwillig eine genaue Beſchreibung



Guericke's Experiment mit den Magdeburger Halbkugeln.

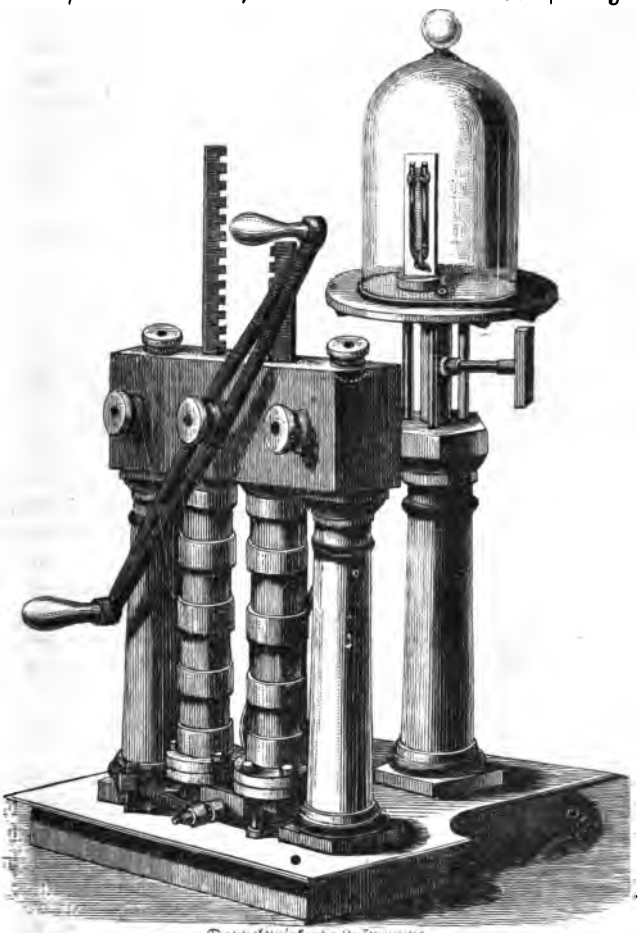
zu bekommen, welche er dann als Anhang zu seinem Werke benutzte. Auch Otto von Guericke verfaßte über seine Erfindung eine lateinische Schrift, welche 1663 fertig war, aber erst 1672 zu Amsterdam gedruckt erschien, unter dem Titel: „Otto von Guericke's neue Magdeburgische Experimente über den luftleeren Raum." Dies ist hier besonders zu erwähnen, weil später einige Engländer und Franzosen unserm deutschen Landsmann die Ehre der ersten Erfindung der Luftpumpe haben streitig machen wollten. Sie hielten Boyle für den ersten Erfinder der Luftpumpe. Dieser hatte seine berühmte Schrift: „Neue physikalisch-mechanische Experimente über die Elasticität und das Gewicht der Luft", welche 1669 zu Oxford gedruckt erschien schon 1659 fertig. Aber in diesem Werke spricht Boyle selbst mit vielem Lobe von Guericke's berühmter Erfindung, wovon er durch Schott's Arbeit die erste Kunde erhalten habe.

Uebrigens muß Boyle's Luftpumpe, welche mit Hook's Hülfe nach Schott's Beschreibung zu Stande gebracht war, als eine wesentliche Verbesserung angesehen werden.

Der Stiefel stand senkrecht unter dem Recipienten. Der Stiel wurde ursprünglich mit einer Wagenwinde auf und nieder bewegt, wofür man dann später eine ähnliche dem Apparate selbst angehörige Vorrichtung an den Platz setzte. Dadurch konnte schon von einem Menschen mit Leichtigkeit beschafft werden, was Guericke erst mit drei bis vier Menschen zu erreichen im Stande war. Boyle's Recipient war auch eine Glaskugel, aber sie bildete mit dem Stiefel ein luftdicht zusammengefügtes festes Ganzes; die zum Experimentiren nöthige größere Oeffnung war oben in der Kugel angebracht und mit einer genau anschließenden starken Metallplatte überdeckt. Dann waren bei dem Stiefel noch zwei Hähne beibehalten, wie sie Guericke zu allererst bei dem Versuche mit dem Weinfasse in Anwendung gebracht hatte, wofür später nach Guericke's Vorschlag ein Hahn mit zweimaliger Durchbohrung an den Platz gesetzt wurde. Seit dieser Zeit theilte man die Luftpumpen, welche nach und nach außerordentlich vielfache Veränderungen erfahren haben, in Ventil-, Hahn- und Hahnventilluftpumpen. Man ersann doppelt wirkende Luftpumpen mit zwei Stiefeln, und wußte diese Doppelwirkung zuletzt auch mit einem Stiefel möglich zu machen. Der Boyle'sche Metalldeckel wurde unten am Cylinder befestigt, mit dem Kunstnamen Teller belegt und der Recipient

Verbesserte Luftpumpe.

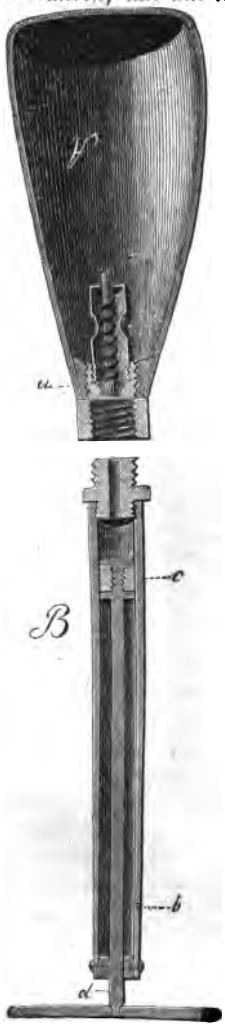
darüber gestellt. So viel Verbesserungen aber auch daran vorgenommen wurden, so überzeugte man sich doch, daß mit einer solchen Luftpumpe nie ein vollkommen luftleerer Raum erreicht werden konnte, weil die Ventile immer nur so lange wirklich Dienste leisteten, als die abgesperrte verdünnte Luft des Recipienten noch Kraft genug besaß, dieselben zu lüpfen, und weil der Hahn in seiner jedesmaligen Verbindung mit der unverdünnten äußern Luft immer eine Portion unverdünnter Luft wieder einführte. Man nannte dies allgemein den schädlichen Raum und hat sich sehr angestrengt, seinen Nachtheil so gering als nur möglich zu machen. Vollkommen ist dies nie geglückt, indeß hat Babinet in neuerer Zeit eine Erfindung gemacht, wodurch das Unvollkommene auf ein solches Minimum zurückgebracht wird, daß es kaum noch zu beachten ist.



Doppeltwirkende Luftpumpe.

Bei dem Gebrauche der Luftpumpe wird es nöthig, den Grad der Verdünnung der Luft im Recipienten genau messen und beobachten zu können; dies wird durch die sogenannte Barometer- oder Birnprobe erreicht, welche eine Erfindung Smeaton's ist und in unseren Tagen auf zweierlei Weise auftritt.

Denkt man sich eine Barometerröhre in ihrem obern Ende mit dem Recipientenraum verbunden, und mit ihrem untern Ende in ein mit Queckſilber gefülltes Gefäß getaucht, ſo kennt man die erſte Form. Hier muß nun in dem Maße, wie die Luft aus dem Recipienten gepumpt wird, das Queckſilber in der Barometerröhre ſteigen. Bei der zweiten Art befindet ſich ein verkürztes Queckſilberbarometer in einem kleinen Recipienten, der mit dem eigentlichen Recipienten der Luftpumpe communicirt. Sobald nun die Luft aus dieſen Räumen entfernt wird, ſo muß das Queckſilber in dem Barometer fallen, und man kann dann aus dem Grade dieſes Fallens zurückſchließen auf den Grad der Luftverdünnung durch die Luftpumpe.



Die Windbüchſe.

Die Einrichtung der meiſten Luftpumpen bezieht ſich hauptſächlich auf den Zweck der Wegnahme oder Verdünnung der Luft im Recipienten. Will man dagegen die Luft und ihren Druck in dem genannten Raume vermehren, ſo muß die Pumpe eine dieſem Zwecke entſprechende beſondere Einrichtung erhalten, und man nennt ſie dann Compreſſionspumpe. Man ſieht leicht, daß dadurch eine förmliche Revolution des Inſtruments herbeigeführt wird. Glücklicherweiſe macht man aber ſelten oder nie dieſe doppelte Anforderung an eine gute Luftpumpe und ſorgt auf andere Weiſe für beſondere Vorrichtungen, womit dieſer zweite Zweck erreicht werden kann. Ohnehin ſind die Verſuche mit verdichteter Luft immer etwas gefährlich für den Experimentator, und man ſucht ſie auch aus dieſem Grunde zu umgehen. Wir wollen uns in dieſer Beziehung nur auf die Beſchreibung der Windbüchſe beſchränken.

Der Hauptbeſtandtheil der Windbüchſe iſt die ſogenannte Windkammer V, welche gewöhnlich aus ſtarkem Schmiedeeiſen angefertigt wird, damit ohne Gefahr die Luft ſtark darin verdichtet werden kann. Jetzt wird dazu meiſtens der Kolben der Büchſe gewählt; früher wurde auch wol ein beſonderer Mantel des Laufs dazu eingerichtet. Die Mündung der Windkammer iſt mit einem Kegelventil a verſchloſſen, worauf von innen eine Spiralfeder drückt und den luftdichten Verſchluß bildet, ſo daß ſie ſich nur öffnet, wenn man von außen kräftig auf den etwas hervorragenden Stiel des Ventils drückt. Soll dieſe Windkammer gefüllt werden, ſo wird ſie von dem Laufe abgenommen und an die Compreſſionspumpe B geſchraubt. Dieſe

besteht aus einer Cylinderröhre, in welcher ein luftdicht anschließender Kolben c mit Hülfe des Stiels c d sich auf und nieder bewegen läßt, wobei die Oeffnung b im Stiefel zum jedesmaligen Einlassen der atmosphärischen Luft dient. Der Arbeiter stellt sich dann mit den Füßen auf den Querriegel des Kolbenstiels, zieht die Windkammer mit dem Stiefel jedesmal so hoch empor, bis die Oeffnung b über dem Kolben c liegt und drückt darauf den Apparat wieder tief hinab, wobei der Kolben c über die Oeffnung b hinweggleitet; hierdurch wird eine Portion Luft in B abgefangen, zusammengepreßt und, indem der Kolben gegen den Stiel des Ventils a stößt, in V getrieben. Durch wiederholtes Auf- und Niederbewegen wird so in V immer mehr und mehr Luft hineingepreßt, so daß zuletzt wol 30 bis 40 mal so viel darin ist, als ursprünglich darin war. Die jetzt mit comprimirter Luft gefüllte Windkammer wird dann von der Pumpe B abgenommen und an das Büchsenrohr geschraubt. An diesem befindet sich ein dem Feuergewehr ähnliches Flintenschloß, wobei der mit Hülfe des Drückers losgeschnellte Hahn e auf den Hebel f schlägt, welcher dadurch mit seinem untern Arme gegen den Schieber g h drückt, der das Ventil der Windkammer auf einen Augenblick öffnet und eine Portion der comprimirten Luft frei werden läßt, die dann mit ihrer Spannkraft die Ladung aus dem Büchsenrohr hinaustreibt.

Hahn der Windbüchse.

Es bedarf wol kaum der Erwähnung, daß nach jeder Füllung der Windkammer die ersten Schüsse am kräftigsten ausfallen müssen, und daß am Ende die letzten kaum noch Kraft genug haben, die Ladung aus dem Rohre zu treiben. Die Compression der Luft in V kann ohne Gefahr des Zerplatzens fast so weit getrieben werden, daß die abgeschossene Kugel ziemlich dieselbe Geschwindigkeit und Kraft besitzt, als käme sie durch entzündetes Pulver aus dem Feuergewehr. In Nürnberg verfertigte man in früherer Zeit Windkanonen, welche 4 Pfund schwere Kugeln mit einer solchen Kraft wegschossen, daß sie in 400 Schritt Entfernung noch ein 2 Zoll dickes Bret durchbohrten.

Die Zeit der ersten Erfindung der Windbüchsen ist ganz unbekannt. Es erzählt aber Musschenbroek, daß sich in der Gewehrsammlung eines Herrn von Schmettau in Deutschland eine Windbüchse befunden habe, an der die Jahreszahl 1474 eingravirt gewesen sei. Auch ist historisch erwiesen, daß der französische Büchsenkünstler Marin zu Lisieux seinem Könige Heinrich IV. eine Windbüchse zum Geschenk gemacht hat. Die Compressionspumpe ist also älter als Guericke's Erfindung.

In Karsten's „Lehrbegriff der gesammten Mathematik" ist auch der Versuch zu einer Theorie der Windbüchse gemacht. Hieraus geht hervor, daß, wenn die Luft der Windkammer selbst 100 mal dichter gemacht worden wäre als die gewöhnliche Atmosphäre, die Geschwindigkeit der zu allererst abgeschossenen bleiernen Büchsenkugel nie über 654 Fuß in der Sekunde gebracht worden sei. Es besäße also ein solches Geschoß selbst unter Bedingungen, welche in der alltäglichen Wirklichkeit kaum zur Hälfte zu erfüllen sind, noch nicht einmal halb so

viel Kraft als eine gute alte Standbüchse und ist daher mit der neuen Minié-büchse kaum in Vergleich zu bringen.

Ist nun auch die Windbüchse ein sehr untergeordnetes Geschoß, welches so gut wie gar keine Hoffnung zuläßt, daß es je reellen Werth erlangen werde, so fällt es doch gar nicht in das Gebiet der Unwahrscheinlichkeit, daß es den Mechanikern am Ende noch gelingen dürfte, die Spannkraft der comprimirten atmosphärischen Luft zum Betriebe der Maschinen praktisch zu verwerthen. Und wenn die bis jetzt durchgeführten Versuche noch wenig befriedigt haben, so liegt das wol hauptsächlich in dem Umstande, daß schon über ein Jahrhundert hindurch fast ausschließlich der Dampfkraft nur Aufmerksamkeit geschenkt worden ist.

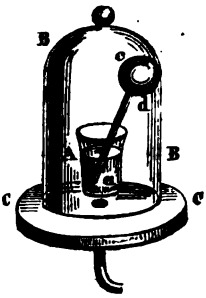
Jetzt, nachdem wir die Luftpumpe als Hülfsmittel der Verdünnung und Verdichtung der Luft in ihren Hauptzügen kennen gelernt haben, wollen wir auch ihre Anwendung speziell ins Auge fassen.

Zunächst läßt sich mit Hülfe der Luftpumpe die Torricellianische Erklärung des Barometers durch Versuche anschaulich machen und bewahrheiten. Es sei a b die mit Quecksilber gefüllte Barometerröhre, welche in dem etwas größern Gefäße A mit dem offenen Ende unter Quecksilber taucht; ferner sei B B ein Recipient, der oben in b eine Oeffnung zum Durchlassen der Barometerröhre besitzt, welche aber luftdicht in diese Oeffnung hineingekittet worden ist. Das Ganze ruht dann auf dem Teller C C der Luftpumpe. So wie nun aus B B etwas Luft gepumpt wird, so sieht man den Quecksilberstand c in a d fallen, und dies Fallen wiederholt sich bei jedem neuen Kolbenzuge, bis zuletzt alles Quecksilber aus a d in A getreten ist. Da nun Torricelli lehrte, daß die Quecksilbersäule in a d dem Drucke der Luft das Gleichgewicht halte, so beweist dieser Versuch die Richtigkeit der Behauptung, denn bei der Wegnahme des Luftdrucks fällt auch die Wirkung, die Quecksilbersäule, weg. Läßt man nun die Luft wieder unter den Recipienten treten, so steigt auch das Quecksilber wieder in a b empor und nimmt zuletzt wieder seinen ursprünglichen Stand in c ein.

Barometer durch die Luftpumpe erklärt.

In dem mit Wasser gefüllten Glase A steht der unten offene Röhrenstiel a d einer mit gewöhnlicher Luft gefüllten Glaskugel d c. Das Ganze steht unter dem Recipienten B B auf dem Teller C C der Luftpumpe. Wenn dann aus B B die Luft gepumpt wird, so sieht man bei jedem Pumpenzuge Luftblasen aus a zum Vorschein kommen, welche durch das Wasser in A emporsteigen. Ursprünglich ist der Luftdruck auf dem Wasser in A gerade so groß als der Druck der Luft in c d a, es fehlt also die Veranlassung zum Entweichen der Luft aus diesem Apparate. Sowie nun aber durch Wegnahme der Luft aus B B der Druck auf dem Wasser in A vermindert wird, so ist das Gleichgewicht des Luftdrucks gestört und es muß die Luft aus c d a, weil sie

unter dem Einflusse eines stärkern Luftdrucks steht, entweichen. Läßt man hierauf die äußere Luft in B B treten, so ist der Druck auf das Wasser in A wieder stärker als der Gegendruck der Luft in c d a, und es kann das Gleichgewicht nur dadurch wieder hergestellt werden, daß das Wasser in a d nach d c emporsteigt, wodurch die Luft in d c wieder so weit verdichtet wird, bis sie in Vereinigung mit dem eingesogenen Wasser dem atmosphärischen Drucke das Gleichgewicht halten kann. Nimmt man jetzt den Recipienten B B hinweg und hebt a d c, an dem mit Wasser gefüllten Stiele a d erfaßt, ohne Umkehr aus A heraus, so erhält sich das Wasser in a d. Kehrt man dagegen a d c um, so daß a d nach oben gekehrt ist, so fließt das Wasser aus a d in d c. Ist indeß a d sehr eng, so wird das Wasser darin mit der überwiegenden Adhäsion zum Glase festgehalten und der äußere Luftdruck ist nicht stark genug, dieses Hinderniß zu überwinden; man muß ihm zu Hülfe kommen, indem man a in den Mund nimmt und hineinbläst. Hat man so a d frei gemacht von dem Wasser und die äußere Luft hat unbehindert eintreten können in d c, so wird bei dem Umkehren des Apparats a d c nur wenig Wasser aus a herausfließen, besonders wenn die Röhre sehr eng ist. Hängt man nun aber eine solche Kugel mit ihrer Stielmündung nach unten gekehrt in einem Recipienten auf, stellt diesen auf den Teller einer Luftpumpe, nachdem ein leeres Glas unter c d a gestellt worden ist, um das ausfließende Wasser auffangen zu können, und entfernt man dann die Luft aus dem Recipienten, so sieht man das Wasser aus dem aufgehängten Apparate herausspritzen. Hier drückt die unverdünnte Luft in der aufgehängten Kugel stärker auf das Wasser als die verdünnte Luft in dem Recipienten. Man muß aber bei allen diesen Versuchen sich hüten, die Kugel anzufassen, weil sonst die durch die Handwärme vermehrte Expansion der abgesperrten Luft das Herausfließen des Wassers für sich schon bewirken kann. Man muß den Apparat immer bei der Röhre anfassen.



Streben der Luft nach Gleichgewicht.

Hängt man in den Recipienten einer Luftpumpe eine nur wenig mit Luft gefüllte, fest verschlossene thierische Blase und pumpt aus demselben die Luft heraus, so sieht man, wie sich die Blase bei jedem Kolbenzuge mehr und mehr aufblähet, als würde sie durch eingeblasene Luft immer stärker ausgedehnt. Dieser Versuch spricht so recht klar für das Grundgesetz der Expansion der Luft, daß nämlich die in zwei angrenzenden Räumen befindliche ungleich dichte Luft ein Streben zur Ausgleichung des Dichtigkeitsunterschiedes an den Tag lege. Durch das Auspumpen wird die Luft im Recipienten weniger dicht als die eingeschlossene: daher strebt diese dichtere sich durch Ausdehnung mit der andern auf gleiche Dichtigkeitsstufe zu stellen, und bläht deshalb die Blase als leicht nachgebendes Hinderniß gerade so auf, als wenn mehr Luft hineingetrieben wäre. Wird aber wieder Luft unter den Recipienten gelassen, so schrumpft die Blase wieder zusammen.

Bringt man einen kleinen gefüllten Heronsball unter den Recipienten und entfernt hieraus die Luft, so sieht man das Wasser aus dem kleinen Apparat herausspritzen, als hätte man durch Einblasen die abgesperrte Luft verdichtet. Im Grunde ist hier die Sache fast eben so, wie sie scheint; denn das Wasser springt ja nur aus dem Heronsball, weil die innere abgesperrte Luft dichter gemacht worden ist als die äußere. Hier hat man die innere Luft dadurch dichter gemacht als die äußere, daß man die letztere theilweise wegnahm.

Ein Paar kleine Magdeburgische Halbkugeln, welche durch Entfernen der innern Luft von dem einseitigen äußern Luftdrucke stark zusammengehalten werden, so daß ein daran gehängtes Gewicht sie nicht von einander reißen kann, bringt man mit dem Gewichte hängend unter den Recipienten. Entfernt man nun aus diesem die Luft, so lassen die Halbkugeln augenblicklich von einander. Man nimmt hier den Druck der äußern Luft, die Ursache des Zusammenhaltens hinweg.

Hieran schließt sich nun noch eine große Reihe von Versuchen, welche alle dasselbe beweisen und auf ganz ähnliche Weise ihre Erklärung finden. Der Heber hört im luftleeren Raume auf zu fließen; bringt man ein Ei, in dessen Rinde eine kleine Oeffnung gemacht ist, unter den Recipienten und entfernt aus diesem die Luft, so quillt der Inhalt des Eies durch die überwiegende Expansion der innern Luft heraus. Man kann mit Hülfe der Luftpumpe durch Wegnehmen des Luftdruckes Wasser durch die Poren der Eischaale pressen; auf dieselbe Weise läßt sich sogar Quecksilber durch Holz treiben.

Die alte scholastische Ansicht, daß die Schwere oder die Anziehungskraft der Erde auf verschiedene Materie verschieden wirke, wurde zuerst von Galilei angegriffen und durch Fallversuche als unrichtig nachgewiesen. Newton sagte dann, es sei gar kein Grund vorhanden, warum verschiedene Stoffe von derselben Erde eine verschiedene Anziehung erleiden sollten; wenn die Bleikugel unter gleichen Umständen geschwinder falle als eine Flaumfeder, so rühre dies nicht von einer Ungleichheit der Schwerkraft her, sondern einzig und allein von dem ungleichen Widerstande der Luft; könnte man es also nur möglich machen, daß das Fallen im luftleeren Raume vor sich gehe, so würde man finden, daß alle Stoffe in derselben Zeit durch denselben Raum fielen. Später hat man mit Hülfe der Luftpumpe diesen luftleeren Fallraum wirklich zu Stande gebracht, und auf dem Wege der Versuche gefunden, daß Newton vollkommen Recht hatte. Sehr viel Beachtung erhielten in dieser Art die Versuche von Desaguliers. Er hatte dazu einen Fallraum von 15 Fuß Höhe, den er mit einer kräftig wirkenden Luftpumpe luftleer machen konnte. Im Jahre 1717 stellte er damit in Gegenwart des Königs Georg und der Prinzessin von Wales, und später im Beisein der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften, sehr glückliche Versuche an. Er ließ in dem luftleeren Raume eine Guinee, ein Stückchen Papier und eine Flaumfeder zu gleicher Zeit von derselben Höhe fallen, und sie erreichten alle drei in demselben Augenblicke den Boden. Dadurch war nun jeder Zweifel über Galilei's und Newton's Grundsatz gehoben.

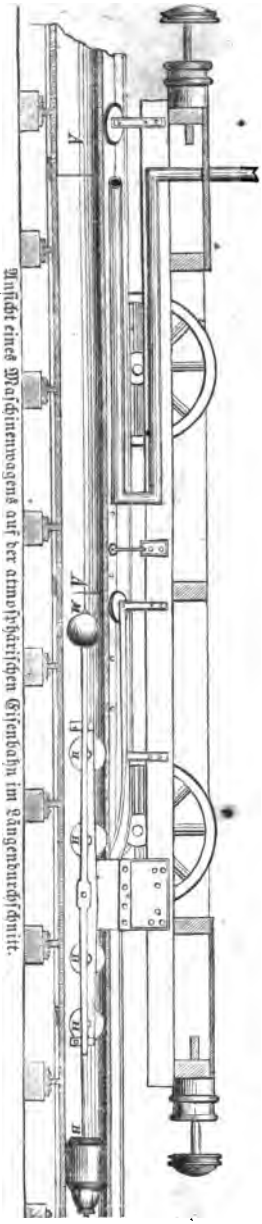
Im gewöhnlichen Leben ist noch jetzt eine wunderliche Ansicht dieser Art

verbreitet. Man sagt nämlich, daß das Wasser eine viel stärkere Anziehung auf die darüber hinweggeworfenen oder geschossenen Körper ausübe, als die übrigen Stoffe der Erdoberfläche. Die alten und zum Theil auch noch die jüngeren Marinesoldaten sind noch jetzt der Meinung, daß die abgeschossenen Kanonenkugeln auf dem Meere keine so große Tragkraft haben als auf dem Festlande; die alten Jäger, welche über Flüsse oder Teiche zu schießen hatten, glaubten ihr Ziel zu verfehlen, wenn sie der vermeinten größern Anziehung des Wassers nicht besonders Rechnung trügen. Die in dieser Hinsicht angestellten, auf strenge Ausmessung gestützten Versuche haben aber ganz entschieden nachgewiesen, daß die ganze Ansicht auf Täuschung beruhe. Die Anziehung ist immer ein Akt des ganzen Erdkörpers, man irrt, sobald man dieselbe den verschiedenen Bestandtheilen der Erdoberfläche zuschreiben will. Der Hauptgrund zur Täuschung liegt aber darin, daß uns unser Augenmaß trügt, so oft wir dasselbe zur Bestimmung der Entfernungen auf großen Wasserflächen benutzen wollen.

Von den vielfachen großartigen praktischen Anwendungen, welche man von der Luftpumpe in neuerer Zeit gemacht hat, wollen wir nur eine zur Sprache bringen, nämlich die von Clegg und Samuda erfundene sogenannte atmosphärische Eisenbahn. Wir lenken die Aufmerksamkeit vorzugsweise auf den in der Nähe von Dublin zwischen Kingstown und Dalkey gelegenen Theil einer solchen Bahn, welche vor etwa 15 Jahren wirklich in Betrieb gesetzt worden ist und worüber Pasley, Generalinspektor aller Eisenbahnen des britischen Reichs an den Board of trade einen sehr günstigen Bericht erstattet hat. Die Länge dieser Bahn ist nahe an 9000 Fuß, also fast eine Wegstunde. Die vertikalen und horizontalen Biegungen derselben sind durchschnittlich fünfmal so stark gehalten, als man es bei den gewöhnlichen Eisenbahnen für möglich hält. An einer Stelle beträgt auf 1000 Fuß Länge die Steigung 17½ Fuß, und mitten auf der Bahnstrecke kommt ein Kreisbogen von 70 Grad vor, dessen Radius nur 580 Fuß Länge hat. Diese starken Abweichungen sind zum Theil absichtlich mit in das Werk hineingezogen, weil man dadurch einen wichtigen Theil der Vorzüge dieses neuen Systems vor den alten hat bestätigen wollen. Auch besitzt die Bahn von Kingstown nach Dalkey hinauf überhaupt so viel Steigung, daß sie zurück als geneigte Bahn benutzt werden kann.

Die atmosphärische Eisenbahn unterscheidet sich von der gewöhnlichen hauptsächlich durch eine weite Metallröhre, welche mitten zwischen den Schienen parallel mit diesen fortläuft. Das ist die Triebröhre (Fig. I. A. A.) Hierdurch werden die den Wagenzügen vorgespannten Lokomotiven entbehrlich gemacht. War man früher verwundert über das rasche Dahinsausen der Wagen ohne Pferde, so wird hier die Verwunderung auf das Höchste gesteigert, wenn man den Wagenzug auch ohne Lokomotive, überhaupt ohne vor Augen liegende Maschinerie noch mit derselben Geschwindigkeit, selbst bergan fliegen sieht.

Die Triebröhre ist inwendig sehr eben ausgeschliffen und angeölt, um einem mit gepreßtem Leder überzogenen Kolben (I. B.), der luftdicht hineinpaßt, bei seiner Bewegung darin so wenig wie möglich Reibung entgegenzusetzen. Denken wir



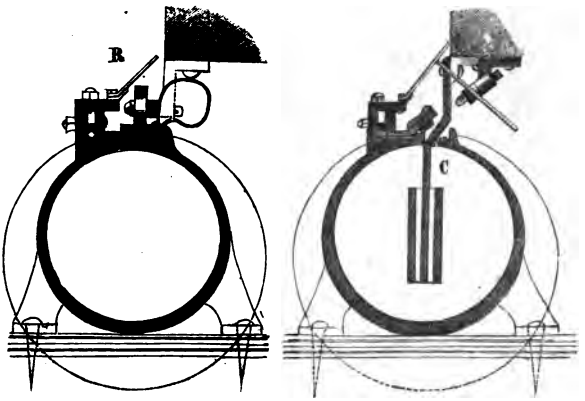
Ansicht eines Maschinenwagens auf der atmosphärischen Eisenbahn im Längendurchschnitt.

uns nun diesen Kolben an dem einen Ende der Röhre, während an dem andern Ende derselben eine seitwärts angebrachte feststehende Dampfmaschine die Luft aus dem Innern der Triebröhre pumpt, so wird der Kolben durch den überwiegenden äußern Druck der Atmosphäre in der Röhre fortgetrieben, und dies in eben dem Maße schneller, wie es der Dampfmaschine möglich ist, die vor dem Kolben gelegene Luftverdünnung zu bewirken und zu erhalten. Im Kleinen läßt sich der Hergang der Sache mit einer mäßig weiten Glasröhre leicht versinnlichen. Taucht man das eine Ende dieser Röhre einen Augenblick ins Wasser, so wird beim Herausnehmen vermöge der Capillaradhäsion ein kleiner Theil der Flüssigkeit in der Röhre hängen geblieben sein, der hier den vorhin beschriebenen Kolben vorstellen kann. Saugt man nun am entgegengesetzten Ende die Luft aus der Röhre, so wird auch der kleine Wasserkolben rasch oder langsam, je nachdem man die Luft mehr oder weniger schnell entfernt, durch die Röhre hindurchbewegt. Der Mund übernimmt bei diesem Versuche im Kleinen das Geschäft der stehenden Dampfmaschine im Großen.

Nun kommen wir an die schwierigste Stelle der Beschreibung, nämlich an die Einrichtung der längs der Bahn vorkommenden Klappenventile. Die Triebröhre ist oben ihrer ganzen Länge nach durchschnitten (Fig. III. c.), damit der vorwärts getriebene Kolben mit einem über der Röhre auf den Schienen stehenden Wagenzuge in Verbindung gebracht werden und denselben mit sich fortziehen kann. Dieser Einschnitt ist ungefähr 1 Zoll weit, wenn die Weite der Triebröhre 15 Zoll beträgt. Er wird luftdicht verschlossen durch einen etwas breiten, dicken Lederriemen, der ohne Unterbrechung von dem einen Ende der Röhre bis zum andern reicht. Dieser Riemen heißt das ununterbrochene Ventil. Er ruht in einer noch etwas breitern Rinne, deren eine Seitenwand ½ Zoll, die andere dagegen 2 Zoll hoch die Triebröhre überragt. Um diesem Ventil mehr Festigkeit zu geben, hat man dasselbe oben mit Eisenblech beschlagen. Auf dieses Lederventil drücken nun die Klappenventile. Je zwei davon liegen vertikal über einander, sie sind in der 2 Zoll hohen Riemenrinnenwand um horizontale Axen leicht auf und nieder zu bewegen, stehen aber so in gegenseitigem Verbande, da ihre Bewegung

immer gemeinschaftlich ist, und die obere sich hebt, wenn die untere gehoben wird, sowie die untere hinabdrückt, wenn die obere niedergedrückt wird. Von jedem dieser Klappenpaare ruhet das untere Element unmittelbar über dem Lederventil in der Rinne, während das andere wie ein schräges Dach die ganze Rinne überdeckt. Solche Klappenventile sind nun längs der ganzen Triebröhre dicht an einander grenzend angebracht, so daß alle oben gelegenen Elemente zugleich ein überdachendes Schutzmittel des Einschnittes der Triebröhre bilden.

Der Kolben in der Triebröhre ist nur wenig über zwei Fuß lang. Mit ihm steht aber noch eine nachfolgende Stange von 18 Fuß Länge (I. M B.) in Verbindung; diese ruht im Innern der Röhre auf vier hinter einander in je zwei Fuß Entfernung folgenden Rädern (H), wovon das erste und vierte von gleicher Dimension und nur wenig höher sind als die Weite der Triebröhre, während die beiden mittleren, welche ebenfalls von derselben Dimension, wol um einen guten Zoll aus der Spalte der Röhre hervorragen, also merklich höher sind als die anderen beiden. Durch diese Räder wird bewirkt, daß das darüber hinweggeleitete Lederventil emporgehoben wird und zwar durch die mittleren Räder am stärksten. Genau zwischen den beiden mittleren Rädern ragt ein starker, um das Lederventil und um die zugehörige Rinne rechtwinkelig herumgebogener Eisenstengel (Fig. III. C.) aus der Spalte heraus, der im Innern der Röhre mit dem eisernen Kolbenstiele und draußen mit dem fortzuschaffenden Wagenzuge fest verbunden ist.

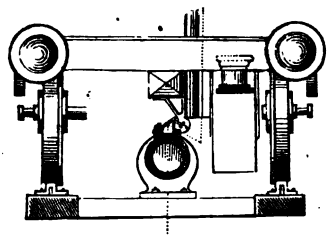


Durchschnitt des Triebcylinders.
II. Hinter dem Kolben. III. Vor dem Kolben.

Jetzt kennen wir schon das eigentliche Hauptwesen der neuen Erfindung, und es kann nun unmöglich noch schwer fallen, sich dieselbe in Thätigkeit zu denken. Man sieht leicht, daß durch das bloße Wegsaugen der Luft aus dem Innern der Röhre das Ventil vor dem Kolben luftdicht auf die Spalte gedrückt wird, daß das Emporheben des Lederventils erst einige Fuß hinter dem bewegten Kolben und zwar nach und nach durch die beiden Vorderräder der Kolbenstange vor sich geht, gerade da, wo die äußere Luft in die Röhre eindringen und der Eisenstengel mit den angehängten Wagen ungehindet durchpassiren muß. Auch erkennt man leicht, daß die beiden letzten Räder eben so allmählich wieder zum Verschließen des Riemenventils behülflich sind.

"Unter dem ersten der angehängten Wagen, da wo die Kolbenstange schon mehrere Fuß zu Ende ist, befindet sich unmittelbar über der Triebröhre und ihren Klappenventilen noch ein fünftes starkes kleines Rad (Fig. II. R.); dieses drückt bei dem Fortrollen des Zuges auf die oberen Ventilklappen, preßt diese mit federnder Kraft auf ihre Unterlage hinab und bewirkt dadurch bei den unteren Klappen in der Rinne einen kräftigen Niederdruck auf das Lederventil, wodurch also für den nachfolgenden andern Zug der luftdichte Verschluß wieder hergestellt worden ist.

Wir wollen nun schließlich noch versuchen, die Größe der Kraft zu bestimmen, mit welcher auf diesen Bahnen die Wagenzüge bewegt werden, damit das Vergleichen mit den gewöhnlichen anderen Bahnen möglich wird. Die Oberfläche des Kolbens, welcher bei der soeben beschriebenen Bahn durch den einseitigen atmosphärischen Druck getrieben wird, ist 176 Quadratzoll. Denken wir uns nun die Triebröhre ganz luftleer gemacht, so drückt die äußere Luft auf jeden Quadratzoll durchschnittlich mit 15 Pfund Triebkraft, also auf 176 Quadratzoll mit 2640 Pfund. Die vollkommene Luftleere ist aber nicht zu erreichen; indeß wird doch die Luftverdünnung bis zu einem Barometerfall von 25 engl. Zollen getrieben, und wenn bei einem wirklichen Vacuum der Quecksilberfall 30 engl. Zoll anzunehmen ist, so müßte der in der Wirklichkeit erreichte Druck immer noch $\frac{5}{6}$ von 2640 Pfund, also 2200 Pfund betragen. Hiervon wollen wir nur $\frac{1}{5}$ in Rechnung bringen, d. i. 440 Pfund, und annehmen, daß die Dampfmaschine den belasteten Kolben in 5 Minuten durch die ganze Bahnstrecke von 9000 Fuß bewegte, wie dies auf der irischen Bahn wirklich ausgeführt worden ist, so würden



Durchschnitt der atmosphärischen Eisenbahn.

440 Pfund in 5 Minuten 9000 Fuß fortbewegt, welches eben so viel wäre, als wenn 88 = = 1 = 9000 = oder

792,000 = = 1 = 1 = fortbewegt würden. Denken wir uns nun unter einer Pferdekraft die Kraft, welche im Stande ist, 33,000 Pfund in 1 Minute einen Fuß weit fortzuziehen, so sehen wir, daß der Kolben noch mit mehr als mit 22 Pferdekräften zieht. Daraus erklärt sich also, daß diese Bahn jedesmal Kraft genug besitzt, einen vollkommen besetzten Zug von 13 bis 14 Wagen eben so rasch fortzubewegen, wie dies auf der gewöhnlichen Eisenbahn durch Lokomotiven geschieht. Das ist ein Resultat, wie im Durchschnitt die Probefahrten zwischen Kingstown und Dalkey wirklich ergeben haben.

Zu ganz gleichen günstigen Resultaten hat die zu St. Germain bei Paris angelegte atmosphärische Bahn geführt. Mit diesen und noch mehreren anderen Versuchen sind alle Bedenklichkeiten besiegt, welche dem wirklichen Praktischmachen der Luftpumpe im Großen früher entgegengestellt wurden.

IV.

Der Schall in seiner Beziehung zur Atmosphäre.

Definition. Ursprung, Fortpflanzung und Empfindung des Schalles. Die nächtliche Verstärkung des Schalls. Geschwindigkeit des Schalles im Allgemeinen und seiner hohen und tiefen Töne im Besondern. Schallstrahl. Echo. Sprachgewölbe. Versuche über die Fortpflanzung des Schalles in Communicationsröhren von Wolff, Biot, Martin u. A. Praktische Anwendung für das Geschäftsleben und Empfehlung zum Fernsprechen statt und in Unterstützung der Telegraphen bei Eisenbahnen. Sprachrohr. Höhrrohr. Ton und Tonverhältnisse.

Auf die Frage, was ist Schall, gab einst ein Naturforscher die lakonische Antwort: „Schall ist alles Hörbare."

Man kann sich leicht denken, daß diese Kürze und Bündigkeit nicht recht befriedigen wollte. Zu einer solchen Antwort brauchte man keinen Naturforscher, die könnte sich Jeder selbst geben. Man wollte gern mehr haben als eine bloße Definition über ein fertiges Wissen vom Schall, man wollte überhaupt erst eingeführt werden in die Natur dieser Erscheinung. Wer aber dies will, der hätte sich hüten sollen, jene Frage an die Spitze zu stellen.

Wir geben hier also keine Worterklärung vom Schall, sondern suchen unsere Leser erst einzuführen in den eigentlichen Kreis dieser Naturerscheinungen, und wollen dann versuchen, den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung ins klare Licht zu stellen. In dieser Hinsicht läßt sich das Ganze auf drei Gesichtspunkte zurückbringen, weil sich der Schall

1) in seinem Ursprunge, 2) in seiner Fortpflanzung und 3) in seiner Wirkung auf unser Ohr untersuchen läßt.

Sehen wir also uns zunächst nach den Quellen des Schalles um, so überzeugen wir uns sogleich, daß überall da, wo diese Naturerscheinung auftritt, eine auf hervorragende Elasticität gestützte eigenthümliche Bewegung der betreffenden Körper vorkommt. Soll die Saite tönen, so muß sie in eine starke elastische Spannung gebracht werden und dann durch Zug, Stoß, Schlag oder Strich in eine vibrirende Bewegung kommen. Rührt der Tambour seine Trommel, so fühlt er in dem Abprall des Trommelstockes die pulsirende Bewegung des gespannten Kalbfells, auch weiß er, wie der charakteristische schnarrende Ton der

Trommel durch die vom Schlagen mit bewegten Saiten auf der untern Bodenfläche seines Instrumentes entsteht. Der Mann mit dem Triangel, der Beckenschläger, der Trompeter, der Organist, der Glockenläuter fühlt bei jedem Tone, den er seinem Instrumente entlockt, die innere Bewegung desselben durch seinen ganzen Körper hindurch. Bringt man dem Rande einer Glocke, welche durch einen Hammerschlag einen Klang hören läßt, eine an einem Faden aufgehängte kleine Elfenbeinkugel nahe, so geräth dieselbe von der vibrirenden Bewegung der tönenden Glocke in pendulirende Bewegung. Streicht man mit dem nassen Finger auf dem reinen Rande eines zur Hälfte mit Wasser gefüllten Weinglases umher, bis das Glas zu tönen anfängt, so erkennt man die vibrirende Bewegung der klingenden Materie in der Unruhe des Wassers; die Schallwellen durchkreuzen netzförmig die Oberfläche desselben und gehen zuletzt sogar in eine wallende Bewegung über. Schlägt man mit dem Hammer auf ein horizontal gelegtes Bret, oder auf irgend eine andere feste Unterlage, so hört man den Schall, und kann sich auch leicht von der innern Erschütterung der Materie überzeugen, sobald man nur etwas Sand auf die Unterlage gestreut hat; denn dieser geräth dann bei jedem Schlage in eine unruhige, hüpfende Bewegung. Fällt ein Regentropfen ins Wasser, so hört man ein Geräusch und sieht zugleich an der kreisenden Oberflächenwelle die innere Erschütterung der Flüssigkeit. Bei dem Abfeuern der Kanonen entsteht ein gewaltiger Knall, aber auch zugleich eine starke Erschütterung durch Erde und Luft, welche man deutlich durch den ganzen Körper fühlt und die nicht selten mit einem Beben und Klirren der nahen Häuser und ihrer Fensterscheiben in Verbindung steht. Das Rollen und Krachen des Donners bei starken nahen Gewittern durchbebt nicht selten die festesten Gebäude bis tief in ihre Grundmauern hinein. Während der furchtbaren Explosion des großen Pulvertransports zu Eisenach entstand ein so mächtiges Erdbeben, daß ganze Häuser dadurch zusammenstürzten, und daß in mehr als stundenweiter Entfernung vom Orte des Schreckens sogar noch Fensterscheiben zersprangen. Die sogenannten Glasschreier verstehen die Kunst, die starke Erschütterung der Luft, welche ihrem Kraftgesange zur Grundlage dient, so zu benutzen, daß nahe vor den singenden Mund gehaltene leere Gläser dadurch in Scherben zersplittern. Die Jäger erzählen uns, daß sie die Fische schon durch die dem Wasser mitgetheilte plötzliche Erschütterung tödten können, welche der Knall ihrer längs des Wasserspiegels abgeschossenen Büchsen hervorbringt. — So überzeugt man sich allmählich von der Richtigkeit des Grundsatzes, daß überall, wo das Ohr die Wahrnehmung des Schalles hat, auch nirgends der erschütternde Zusammenstoß der schallenden Materie fehlt. Ist es nun auch nicht immer möglich, diese vibrirende Bewegung der schallenden Materie durch das Auge oder durch das Gefühl zur Anschauung zu bringen, so zwingen uns dennoch die Vernunftgründe dazu, einer solchen auf einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gestützten Annahme unsern Glauben nicht zu versagen. Schlagen wir daher mit dem Hammer auf den Amboß und hören den Knall, so müssen wir uns überzeugt halten, daß damit eine Vibrationsbewegung der zusammentreffenden Eisenmaterie in unmittelbarer

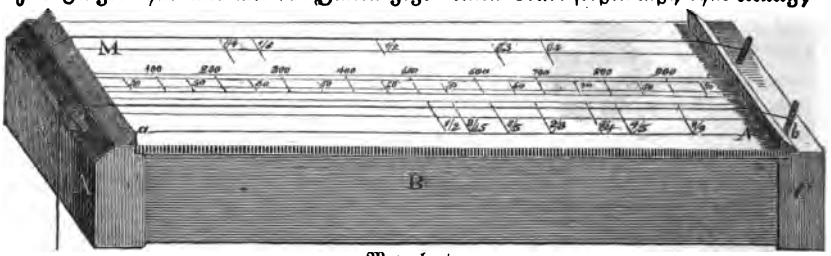
Verbindung steht, obgleich dieselbe nicht gesehen werden kann. Klappen wir in unsere Hände, so muß der gehörte Laut vorzugsweise der plötzlichen Lufterschütterung zugeschrieben werden. Das Knallen mit der Peitsche, das Pfeifen mit dem Munde, die Laute unserer Sprache sind sämmtlich Schallphänomene, wobei hauptsächlich die Lufterschütterung eine erklärende Grundlage abgiebt.

Hiernach steht also fest, daß überall, wo sich Schall erzeugen soll, auch eine erschütternde Bewegung der betreffenden Materie eintreten muß. Dabei dürfen wir aber ja nicht übersehen, daß in der Natur auch noch unendlich viele, selbst erschütternde Bewegungen der Materie vorkommen, wo das Ohr keinen Schall empfindet. Die Katze schleicht und springt unhörbar leise nach ihrer Beute, die Fische durchzucken das Wasser ohne vernehmbaren Laut, die raschesten Bewegungen des Auges und der Mienen sind vom Ohre nicht zu hören. Das führt uns also zu der Ueberzeugung, daß die Bewegung, welche einen Schall zum Begleiter und, wenn man will, zur Ursache haben soll, immer von einer besondern Art sein muß. Prüft man die Sache näher, so ist man leicht geneigt, das Besondere der Schallbewegung in der Elasticität der Materie zu finden. Nun ist aber die Elasticität eine allgemeine Eigenschaft aller Materie, und wenn auch nicht alle Bewegung der Stoffe ihrer Elasticität allein zugeschrieben werden kann, so weiß man doch, daß gar manche Bewegung, welche nur eine Folge der Elasticität der Materie ist, ganz ohne Schall durchgeführt wird. Bringt man z. B. eine nur mäßig gespannte Saite in schwingende Bewegung, so gehört letztere ganz der Elasticität an, obgleich sie keinen Laut hören läßt. Der von einem leisen Windhauch bewegte Grashalm pflanzt seine pendulirende Bewegung nur durch Elasticität fort, läßt aber dabei durchaus keinen Schall hören. Das Federharz ist sehr elastisch, aber es hält sehr schwer, ihm durch seine Elasticitätsbewegung Schall zu entlocken. So kommt man zu dem Erfahrungssatze, daß die elastischen Stoffe, wenn sie sich nicht schon von Natur in dem gespannten Zustande, den wir Sprödigkeit nennen, befinden, erst in einen solchen gebracht werden müssen, ehe man auf eine hörbare Schallbewegung rechnen darf; daß überdies auch noch eine etwas plötzlich ausgeführte Bewegung, eine sogenannte Erschütterung der betreffenden Materie dazu gehört. Man sieht daher, wie schwer es fällt, mit Worten zu bestimmen, wenn die Bewegung der Materie zu einer hörbaren wird. Einstweilen müssen wir uns damit begnügen, daß das Schallen einer Materie immer eine gewisse Spannung und Erschütterung ihrer Theile zur Grundbedingung mache. Später können wir die Sache noch schärfer fassen.

Zu Anfang des vorigen Jahrhunderts lenkte de la Hire sehr speziell die Aufmerksamkeit auf die eigentliche Art der Bewegung in der Materie, welche als die Ursache ihres Hörbarwerdens angesehen werden könne. Er behauptete, sie bestehe in einer Erzitterung der Moleculen der Materie. Damit trat er der frühern Ansicht, daß sie eine innere pendulirende Schwingung der ganzen Masse oder doch der größeren und kleineren Theile davon sei, entschieden entgegen. Es entstand Kampf und Streit, der, wie immer, nur Segen für die Wissenschaft

brachte. De la Hire erhielt bald einen großen Anhang, und es dauerte nicht lange, so stand er mit seiner Partei als Sieger da.

Wir wollen uns jetzt mit einigen der Gründe bekannt machen, worauf die neue Theorie gestützt war. Berührt man, sagt de la Hire, eine klingende Saite mit einem Dämpfer, so hört sie augenblicklich auf zu tönen, aber nicht zu schwingen, worüber Ohr und Auge klar entscheiden; bringt man nun der lautlos schwingenden Saite einen Schlüssel oder einen andern harten Gegenstand zum Anstoß nahe, so läßt sie sogleich wieder einen Ton hören. Wenn man eine aus Draht geformte elastische Feuerzange mit ihren beiden Schenkelspitzen zusammendrückt und dann plötzlich sich selbst überläßt, so geräth sie sichtbar in Schwingungen, aber sie tönt nicht; sorgt man aber dafür, daß sie bei dieser lautlosen Bewegung an irgend einen harten Körper anstößt, so läßt sie auch augenblicklich einen Klang hören. Ebenso schwingt eine stählerne Gabel, die man lose zwischen zwei Fingern hält und mit den Zinken gegen einen Teller stoßen läßt, ohne Klang;



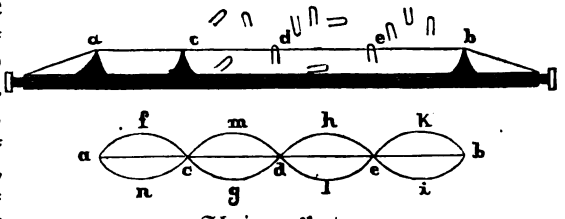
Monochord.

sobald man aber die Gabel unmittelbar nach Erweckung der stillen Schwingung mit dem Heft auf den Teller stößt, so giebt sie einen vernehmbaren Ton von sich. Solche Beispiele, sagt de la Hire, sprechen ganz entschieden dafür, daß zu den Schwingungen der Masse erst noch ein Erzittern der kleinsten materiellen Atome kommen müsse, ehe ein Schall entstehen kann. Man war mit dieser neuen Ansicht sehr zufrieden, und unterließ es nicht, sie überall zu einer gründlichen Theorie auszubilden.

Am Ende des vorigen Jahrhunderts trat aber Chladni mit seinen neu entdeckten Klangfiguren hervor, und hob plötzlich wieder Alles auf, was de la Hire und seine Anhänger festgestellt hatten. Er hielt eine etwa handgroße Glastafel zwischen zwei Fingern fest in horizontaler Lage, überstreute sie mit einer dünnen Sandschicht und strich dann vermittelst eines Geigenbogens irgendwo an einer ihrer Seitenkanten hinab, bis sie einen klaren, reinen Ton hören ließ; da sah man eine unruhige Bewegung in der Sandschicht, einige Stellen der schwingenden Scheibe warfen den Sand weg, andere häuften ihn an und gewährten ihm eine ruhige Lagerstätte, wodurch denn zuletzt die dem Auge sichtbare Klangfigur aus dem Sande auf der Scheibe gebildet ward. Diese Figur war unter verschiedenen Umständen sehr verschieden, blieb aber unter denselben Umständen unverändert dieselbe. Chladni säumte nicht, diese

wichtigen Entdeckungen durch Wort und Schrift zu verbreiten, und er hatte die große Freude, ein allgemeines lebhaftes Interesse für die Sache zu erwecken. Offenbar, sagte er, lehren uns die Klangfiguren, daß der Schall nicht durch die Erzitterung aller Atome einer Materie entsteht, sondern durch wellenförmige Schwingungen bald größerer, bald kleinerer Theile der Masse, und daß zwischen diesen Schallwellen Ruhestellen vorkommen. Er bemühte sich die ganze Lehre vom Schall nun auf sichere Erfahrungsgrundlagen zu stützen, und er wurde von den tüchtigsten Kräften unterstützt. Man benutzte hierzu ganz vorzugsweise einen Apparat, welcher den Namen Monochord führt (siehe vorstehende Abbildung). Hierbei ist eine Saite über einen Resonanzboden bis zum Tönen straff gespannt, und an beiden Enden mit einem Steg unterstützt, so daß sie durch Anschlag einen reinen Ton hören läßt. Theilt man nun diese Saite in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, schiebt unter den ersten Theilpunkt einen dritten Steg, setzt auf die übrigen Theilpunkte und auch auf mehrere andere Stellen der Saite kleine, schmale, zusammengeknickte Papierstreifen in Form kleiner Reiter, und bringt dann die erste Theilstrecke durch Anstoß zum Tönen, so werden alle anderen Reiterlein abgeworfen, und es bleiben blos die auf den Theilpunkten ruhigsitzen. Daraus ging klar hervor, daß jeder folgende Theil der Saite eben so in Schwingungen gerathe, wie der angeschlagene erste, und daß zwischen je zwei auf einander folgenden Schwingungstheilen Ruhepunkte vorkommen. Diesen Ruhepunkten hat man den Namen Schwingungsknoten gegeben.

Diese neue Schalltheorie stützte sich so viel nur möglich auf die Erfahrung; sie mußte aber auch bald hier, bald dort zu Hypothesen ihre Zuflucht nehmen, um das Ganze zu einer auf Naturgesetze ruhenden Schalllehre abzurunden. Dabei bildeten die Erfahrungen an der gespannten Saite die Hauptgrundlage. Man dachte sich die Sache so. War a b die in den Punkten c, d, e getheilte Monochordsaite und dabei der erste Theilpunkt c mit dem dritten Stege unterstützt, so pflanzte sich die ursprünglich in a c angeregte Schwingung auch durch die Theile c d, d e, e b fort, jedoch so, daß, wenn a c einen Schwingungshügel a f c bildet, c d ein Schwingungsthal c g d, d e wieder



Schwingungsknoten.

einen Schwingungshügel d h e, und e b ein Schwingungsthal e i b macht, und daß auf der entgegengesetzten Seite die Schwingungen den Wellenweg a n c m d l e k b durchlaufen. Die Theilpunkte c, d, e nehmen hiernach offenbar wenig oder gar keinen Theil an der Schwingung der Saite, es sind dies gerade die Schwingungsknoten, auf denen die Reiterlein festen Sitz behaupten.

Die von de la Hire aufgestellte Theorie wurde jetzt gründlich widerlegt. Man griff zunächst die von ihm namhaft gemachten Erfahrungsbeispiele mit

der Saite, der Feuerzange und der Gabel an. Man sagte, wenn die durch einen Dämpfer zum Schweigen gebrachte, aber noch fortschwingende Saite auf's Neue zu tönen anfange, sobald sie in ihrer Bewegung gegen einen harten Gegenstand stoße, so läge der Grund hiervon gewiß nicht in der Erschütterung der Atome der Saite, sondern einzig darin, daß durch den Anstoß das Schwingungsganze der Saite in Schwingungstheile zerfalle, die natürlich einzeln ihre Bewegung rascher durchführen müssen, als vorher das Ganze; wäre daher die ganze Saite durch zu langsam wiederholte Schwingungen verstummt, so ließe es sich recht gut möglich denken, daß die Schwingungen in den Theilen rasch genug seien, den Ton auf's Neue hören zu lassen. Uebrigens begreife man gar nicht, warum bei der Saite, deren Ton aber nicht deren Schwingungsbewegung gedämpft sei, anzunehmen wäre, daß dadurch gerade die Atomenbewegung aufgehört habe. — Auf ähnliche Weise fertigte man auch die anderen Beispiele mit der Zange und Gabel ab.

Die auf das Atomenzittern gestützte Schalltheorie war beseitigt. Man hielt wieder allgemein für wahr, daß sie auf ein elastisches Schwingen der Masse zu gründen sei. In unseren Tagen ist übrigens die Sache wieder ganz anders geworden. Man giebt keiner Partei ausschließlich Recht, auch keiner ganz Unrecht. Wollte man sich Hoffnung machen, das eigentliche Wesen des Schalles befriedigend zu erklären, so müßten beide Ansichten nicht feindlich einander gegenübergestellt werden, sondern innig mit einander verbunden einen gemeinschaftlichen Weg gehen.

Was nun die Fortpflanzung des Schalles, den zweiten Theil unserer Betrachtung betrifft, so war man früher ganz entschieden der Meinung, daß der Schall ausschließlich durch die atmosphärische Luft von dem Orte seines Entstehens bis zum empfindenden Ohre fortgepflanzt werde. Uebrigens wurde man in dieser Annahme schon etwas gestört, als man versuchte, ob auch die in dem luftleeren Raume der Guericke'schen Luftpumpe angeschlagene Glocke gar keinen Laut von sich hören lasse; denn man fand bei diesem Versuche den Ton der Glocke im leeren Raume allerdings gedämpft schwach, aber doch nie eigentlich ganz verschwunden, besonders aber dann nicht, wenn die Glocke mit dem Recipienten oder mit dem Teller der Luftpumpe durch irgend einen festen Körper verbunden war. Dadurch stellte es sich heraus, daß nicht blos die atmosphärische Luft, sondern auch noch andere, vielleicht ohne Ausnahme alle Stoffe den Schall fortpflanzen könnten. Nur herrsche hierin eine sehr große Verschiedenheit. Wenn im Allgemeinen die Luft und die elastischen spröden Stoffe für die besten Schallleiter anerkannt wurden, so haben neuere Forschungen auch außer Zweifel gesetzt, daß alle tropfbaren Flüssigkeiten mit dazu zu zählen seien und die Luft noch bedeutend überträfen. Uebrigens hat man auch gefunden, daß der Versuch mit dem Unhörbarwerden der Glocke im luftleeren Raume dann am besten gelingt, wenn man dieselbe an einigen ungedrehten Hanffäden im Recipienten aufhängt. Verschwindet auch hierbei der Ton der Glocke nie ganz, so kann man ihn doch deutlich abnehmen hören und zwar in dem Maße, als

man die Luft aus dem Recipienten entfernt. Auch läßt sich die Glocke in eben dem Maße wieder deutlicher hören, als man mehr Luft unter den Recipienten läßt. Je dichter die Luft, um so lauter der Schall. Als 1717 Halley mit noch vier anderen Gefährten zu einer Tiefe von 72 Fuß unter Wasser tauchte, so war die Luft in der dazu benutzten Taucherglocke durch die starke Verdichtung ein auffallend besserer Schallleiter geworden. Denn als Halley versuchte, eine auf den Finger gestützte Geldmünze mit einem andern Geldstücke zum Klingen zu bringen, so war der Schall davon so erschütternd stark, daß das Ohr ihn nicht ertragen konnte, und wenn uns die Bergreisenden erzählen, daß in den erstiegenen großen Höhen das Sprechen sehr schwer werde, daß der Schall der Worte schwach und auffallend leicht verhalle, so erklärt sich das einfach aus der Abnahme des Schallleitungsvermögens der Luft, durch ihre Verdünnung. Auch ist es ein allgemein bekannter Erfahrungssatz, daß sich der Schall in stillen, kalten Nächten besser fortpflanze als an heißen Tagen, wobei der Grund natürlich ebenfalls in der stärkern Verdichtung der Luft liegt.

Es ist eine im gewöhnlichen Leben längst bekannte Thatsache, daß der Schall der Thurmglocken merklich an Kraft und Klang verliert, wenn es regnet, schneit oder windig ist, und wissenschaftliche Versuche haben dies nicht blos bestätigt, sondern auch zugleich auf die wahrscheinlichen Ursachen zurückgeführt. Durch den Regen- und Schneefall und zum Theil auch durch Windstöße kommen nämlich Unterbrechungen in der gleichförmigen Dichtigkeit der Luft vor, welche auf ganz ähnliche Weise eine Brechung der Schallstrahlen bewirken, wie dies bei den Lichtwegen der Fall sein würde. Man weiß aber, daß mit jeder Lichtstrahlenbrechung eine Lichtschwächung nothwendig verbunden ist, da sie nie anders als mit Reflex und Zerstreuung einiger Strahlen vor sich gehen kann; daher setzt man stillschweigend voraus, daß dies ganz eben so bei dem Schalle eintreffen müsse. A. v. Humboldt findet in dieser Erklärungsweise auch den Schlüssel zu der für die nächtliche Verstärkung des Schalles. Er hat das schauerliche Getöse der Wasserfälle des Orinoco in den Urwäldern bei Atures und Maypures während der Nacht noch bis auf eine deutsche Meile weit hören können, während bei Tage in dieser Entfernung gar Nichts davon zu vernehmen war. Brachte er nun hiermit die Orte in Vergleich, wo der Schall auch noch am Tage vernehmlich zum Ohre gelangen konnte, so fand er diese Entfernung von den Katarakten nur ungefähr $\frac{1}{4}$ Meile groß, woraus er schloß, daß in dieser weltberühmten tropischen Wildniß die Nachtstärke des Schalles wol dreimal so groß sei als die des Tages. Daß das Geräusch des Tages, welches die Thätigkeit und das Leben der Menschen und Thiere begleitet, gar oft eine Abschwächung des Schalles herbeiführen könne, stellt Humboldt allerdings nicht in Zweifel, indeß ist er auch überzeugt, daß dies in den Einöden der Orinocowälder gar wenig Anwendung finde; denn hier sei die Luft unaufhörlich mit einer Anzahl von Moskitos erfüllt, das Gesumme der Insekten sei hier bei Nacht stärker als bei Tage und der Wind mache sich fast immer erst nach Sonnenuntergang bemerkbar. Eben deswegen sucht er die Schallschwächung bei Tage auch noch in einer andern

Ursache, nämlich in der durch die Sonnenwärme bewirkten Luftströmung von unten nach oben. Denn hierdurch arbeiteten sich fortwährend dünnere Luftsäulen zwischen dichteren empor, wodurch die Schallwellen auf ähnliche Weise gebrochen und geschwächt würden, wie durch das Herabfallen der Regentropfen und Schneeflocken. Er macht bei dieser Gelegenheit auf das allbekannte Phänomen aufmerksam, daß die mit Champagner gefüllten Weingläser beim Anstoßen nicht klingen, sondern klappen, als wenn Holz oder Horn zusammenstoßen, und er sieht den Grund dieser Erscheinung in den aufsteigenden, die Flüssigkeit überall durchdringenden kohlensauren Luftbläschen. Für die Richtigkeit der Humboldt'schen Ansicht spricht überall die Erfahrung, ganz vorzugsweise aber die Schallversuche, welche die Polarexpeditionen angestellt haben. An den Polen lagert sich eine Nacht und Tag gleich kalte Luft auf Eisflächen, welche kein Emporsteigen erwärmter Luftschichten zulassen, folglich ist auch hier an ein Schwächen des Schalles bei Tage so gut wie gar nicht zu denken, er muß ununterbrochen eine sehr große Intensität besitzen. In Port Lowen hatte einst der Leutnant Forster von seinem Observatorium aus einen Matrosen auf die entgegengesetzte Seite des Hafens geschickt, um ein Meridiansignal aufzustellen. Die Entfernung betrug 6696 engl. Fuß, also mehr als ¼ Wegstunde. Da Forster es bezweifelte, daß seine Stimme zum direkten Hinübersprechen ausreichen würde, so stellte er in der Mitte noch eine zweite Person auf, damit diese seine Befehle weiter geben möchte. Aber schon bei dem ersten Versuche stellte sich heraus, daß der in der Mitte aufgestellte Wiederholer ganz überflüssig sei. Forster's Stimme reichte vollkommen aus, um in einer Entfernung von beinahe ¼ Stunden noch gehört und verstanden zu werden. Uebrigens fand man auch hier den allgemeinen Erfahrungssatz bestätigt, daß, wenn auch der Schall bei Zunahme der Kälte an Kraft gewinne, er doch in eben dem Maße an seiner Geschwindigkeit geschwächt werde.

Nach dem Ebengesagten ist also klar, daß die Luft bei dem Empfinden des Schalles eine wesentliche Hauptrolle spiele. Sie ist fast immer das Verbindungsmittel zwischen der Quelle des Schalles und dem Organ, welches hört. Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, daß die andern Stoffe der Natur unfähig oder unthätig wären, den Schall fortzupflanzen; denn man darf nur aufmerksam in die Wirklichkeit blicken, oder absichtlich durch Versuche sich von der Sache überzeugen wollen, so wird man finden, daß eigentlich gar keine Materie vorkommt, welche ganz unfähig wäre, den Schall zu leiten, daß sehr viele die Luft in dieser Eigenschaft noch übertreffen. Bindet man einen silbernen Löffel an einen dünnen Faden und läßt ihn so in der Luft frei aufgehängt an irgend einen harten Gegenstand anstoßen, so klingt er an sich schon recht vernehmlich; bringt man indeß das obere Unterstützungsende der Schnur ins Ohr und läßt den frei daran hängenden Löffel durch Anstoß tönen, so hört das Ohr einen mächtigen Klang, als käme er von einer großen Thurmglocke. Hier ist die gespannte Schnur der Schallleiter und wie wir sehen ein auffallend besserer als die Luft. Stellt man sich hierbei auf eine Thurmhöhe von 100 Fuß und läßt an einer passenden Schnur den Löffel in der Tiefe schweben, so ist der durch

Anstoß erweckte und durch die Luft fortgeleitete Schall so schwach, daß ihn das Ohr gar nicht vernimmt; bringt man aber dann das obere Ende der Schnur ins Ohr, so hört dies das Tönen des Löffels wieder eben so kräftig wie vorhin. Im Jahre 1789 fügte Dr. Wünsch zu Frankfurt an der Oder 36 Stück vierundzwanzigfüßige Dachlatten zu einem Winkel zusammen, hing das Ganze einige Fuß hoch über der Erde horizontal auf, so daß die beiden Enden 570 Fuß von einander entfernt waren, während der Holzweg 864 Fuß betrug; legte er nun das Ohr an das eine Ende, so hörte er jeden Hammerschlag am andern Ende augenblicklich und sehr kräftig, dagegen traf der durch die Luft fortgepflanzte Schall immer erst ½ Secunde später ein und war viel schwächer. Ganz taube Menschen hören die Töne des Claviers deutlich, wenn sie ein Holzstäbchen zwischen die Zähne nehmen und dasselbe während des Spieles mit dem andern Ende auf den Resonanzboden stützen. Von dem Wasser weiß man, daß es im Allgemeinen den Schall stark dämpft. Der Klang einer unter Wasser getauchten Glocke ist draußen in der Luft nur ein schwaches, kaum hörbares Klappen. Bei den größten Sprengungsversuchen unter Wasser, wobei das ganze Element zu einem berghohen Wogen erschüttert wurde, war der Schall doch immer nur ein dumpfes, kraftloses Gesumse. Aber dennoch kann das Wasser unter Umständen ein vortrefflicher Schallleiter sein. Schon Benjamin Franklin hat gerade hierüber sehr belehrende und interessante Forschungen angestellt. Er tauchte an einer Stelle eines Flusses den Kopf unter Wasser, und ließ in einer Entfernung

Das Wasserhörrohr.

von 3000 Fuß von einem Gehülfen zwei Kieselsteine untergetaucht zusammenschlagen, da hörte er den Schlag noch ganz deutlich; selbst wenn die beiden Steine so leise zusammenstießen, daß man in der Luft den Schall kaum einige Fuß weit hätte hören können, so hatte sein untergetauchtes Ohr doch immer noch eine deutliche Wahrnehmung davon; er hörte sogar das Schnalzen mit den Fingern durch den genannten großen Wasserweg.

Noch viel überraschender fielen aber die in unseren Tagen von Calladon und Sturm zwischen Lausanne und Genf angestellten Versuche aus. Sie hingen eine etwa zwei Fuß hohe Thurmglocke in dem Genfersee so an einem Gerüste auf, daß dieselbe frei schwebend ganz untertauchte und die Oberfläche des

Wassers 3 bis 4 Fuß über sich hatte. In einer Entfernung von 40,000 Fuß tauchte ein Anderer einen aus Blech gearbeiteten Hohlkörper auch einige Fuß tief unter Wasser. Dieser hohle Blechkörper besaß die Form a b vorstehender Figur, die weite Seite b der Röhre war mit einer Platte verschlossen, während die Spitze a eine feine Oeffnung hatte. Bei dem Versuche war die Platte b jedesmal dem Orte der Glocke zugekehrt und a ins Ohr gehalten. Wurden nun Hammerschläge auf die untergetauchte Glocke ausgeführt, so konnte man ihren Schall in dem fast vier Wegstunden davon entfernten Orte ganz deutlich hören. Man vernahm ordentlich noch eine Art von Glockenklang, nur war dieser viel härter und stumpf, ohne bemerkbaren Nachhall, so daß er sich mit dem in der Luft kaum vergleichen ließ. Mit Hülfe von Pulversignalen und genauen Tertienuhren bestimmte man auch die Geschwindigkeit des unterirdischen Schalles und fand, daß derselbe die ganze Strecke von 40,000 Fuß in 9¼ Secunde durchlief, so daß er durchschnittlich in einer Secunde einen Weg von 4117 Fuß zurücklegte. Diese Geschwindigkeit ist mehr als das Vierfache von der des Schalles der Luft, worauf wir weiter unten zurückkommen werden.

In neuerer Zeit haben vielseitige Erfahrungen gelehrt, daß die festen und flüssigen Theile der Erde überhaupt weit bessere Leiter des Schalles sind als die luft- und dampfförmigen. Bergleute und Minirer hören unter der Erde auf viel weitere Strecken, als dies in freier Luft nur möglich ist. Sie vernehmen das Klopfen, Stoßen, Scharren der an einer andern Stelle arbeitenden Gefährten so genau, daß sie sogar die Richtung zum Zusammentreffen darnach bestimmen können. Zu Goslar am Harz soll man den im Rammelsberge arbeitenden Bergleuten durch den Schlag an das kupferne Bassin eines mitten in der Stadt befindlichen Springbrunnens das Signal zum Heraufkommen geben können. Eben so sagen uns die Werkleute, welche an den Wasserleitungsröhren zu arbeiten haben, daß sie auf sehr weite Distanzen jeden Hammerschlag, der an das entgegengesetzte Ende der Röhre gethan wird, ganz vernehmlich doppelt zu hören bekommen, wovon der Schall, welcher durch das feste Material der Röhre geleitet worden ist, immer viel früher eintrifft und viel lauter gehört wird, als der andere, welcher durch die Luft in der Röhre fortgepflanzt ist.

Die Fortpflanzung des Schalles in der Luft beruht unstreitig auf der Elasticität dieser Materie, und ist eine Wellenbewegung, wie wir sie bei dem ruhigen Wasser auf seiner Oberfläche entstehen sehen durch das Hineinwerfen eines Steinchens, nur mit dem Unterschiede, daß dabei die Wellen nicht blos Kreisringe, sondern Kugelringe sind, welche sich concentrisch um denselben Mittelpunkt legen, so daß das, was wir oben an den Schallwellen der Saite, als Linie gedacht, gesagt haben, nun auch bei der Luft von dem Körperraume gilt. Es besteht diese Bewegung eigentlich viel weniger in dem Fortgleiten der betreffenden Materie, als in dem abwechselnden Verdichten und Wiederausdehnen derselben, wodurch dann immer neue und neue Theile in dieselben elastischen Schwingungen versetzt werden, und so allmählich auch unser Ohr treffen. Es sind gerade in dieser Hinsicht viele Versuche angestellt worden, welche die eben ausgespro-

chene Ansicht sehr wahrscheinlich machen. Bringt man bei ruhiger Luft in die Nähe einer stundenangebenden Thurmglocke ein angezündetes Licht, so brennt dasselbe während des Schlagens ohne die geringste Bewegung ruhig fort, ein Beweis, daß die Schallbewegung kein Fortschwimmen, keine Windbewegung der Luft ist.

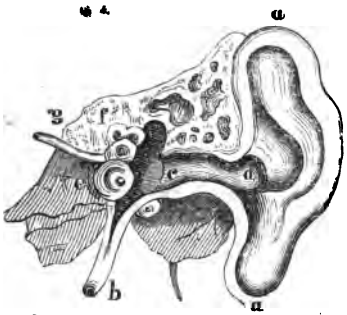
Es besteht also ein Hauptunterschied zwischen der zitternden Bewegung des Schalles und der fortfließenden der Luft oder jeder andern Flüssigkeit. Dieser Unterschied wird aber hauptsächlich dadurch noch mehr bestätigt, daß der Schall den Barometerstand ändert, während die fließende Bewegung der Luft, welche Wind genannt wird, kaum einen Einfluß auf das Barometer ausübt, sobald nur die Dichtigkeit der Atmosphäre unverändert dieselbe bleibt. Hierüber hat man zu Brüssel 1773 sehr belehrende Erfahrungen eingesammelt. Die große Glocke in der Hauptkirche daselbst hing in einem Rahmen von Zimmerwerk, und dieser ruhte auf einem starken Gewölbe, welches mit den Mauern des Thurmes nicht in Verbindung stand. Das Hin- und Herschwingen der Glocke hatte mithin nur Einfluß auf das Gerüste und auf's Gewölbe, aber nicht auf die Mauer des Thurmes. Pigott, welcher gerade damals in Brüssel war, gab zu den Versuchen ein von Ramsden verfertigtes Barometer her. Sein Sohn, der mit Engelfield gemeinschaftlich arbeitete, befestigte in einer Fensteröffnung das Barometer 7 Fuß über dem Boden unter der Glocke. Um überzeugt zu sein, daß die wahrscheinlichen Veränderungen am Queckſilber rein nur von dem Schall erzeugt würden, preßte man den Klöpfel der Glocke vermittelst eines starken Stabes an den innern Rand derselben, damit die Schwingungen einige Minuten ohne Laut vorgenommen werden konnten. Als nun so die Glocke ohne zu tönen in voller Bewegung war, so bemerkten die aufmerksamen Beobachter nicht die mindeste Veränderung im Stande des Barometers. Aber bei dem ersten Schlage, den der auf ein gegebenes Signal freigelassene Klöpfel an die Glocke that, sprang das Queckſilber des Barometers plötzlich in die Höhe und wiederholte diese hüpfende Bewegung bei jedem neuen Schlage. Mit dem allmählichen Verhallen der Glocke versetzte sich das Queckſilber im Barometer auch wieder in seinen anfänglichen ruhigen Stand. Der erste Versuch ergab die größte Höhe des Barometerstandes $29,_{180}$ engl. Zoll und die niedrigste $29,_{174}$; der zweite gab $29,_{182}$ Z. zur größten Höhe und $29,_{172}$ zur niedrigsten. Daher scheint die Wirkung des Schalles auf den Barometerstand $\frac{6}{1000}$ bis $\frac{11}{1000}$ eines englischen Zolles zu betragen.

Da die Wirkung eines frei schallenden Körpers sehr wahrscheinlich nur in einem Zusammendrücken und Wiederausdehnen der elastischen Luft besteht, welche auf einander folgend in immer erweiterten concentrischen Kugeloberflächen jeden schallenden Punkt umgeben, und die Kugeloberflächen sich wie die Quadrate ihrer Radien verhalten, so läßt sich daraus folgern, daß die Kraft des Schalles in eben dem Maße abnimmt, wie die Quadrate der Entfernungen des hörenden Ohres von der Schallquelle wachsen. Bin ich also viermal so weit von einer tönenden Glocke entfernt, als ein Anderer, so werde ich die Glockenschläge nicht viermal, sondern sechszehnmal schwächer hören als jener.

Wir kommen nun zu dem dritten Gesichtspunkte, von dem der Schall in Betracht zu ziehen ist. Wie wirkt derselbe auf unser Gehör? — Wir können diese Frage gar nicht eher beantworten, als bis wir eine Beschreibung von unseren Gehörsorganen gegeben haben.

Das menschliche Ohr zerfällt in drei Bestandtheile, in das äußere, mittlere und innere Ohr. Das äußere Ohr a a heißt Ohrmuschel und besteht aus einem mit Haut überzogenen Knorpelkörper, dessen Gestalt als bekannt vorauszusetzen ist.

Die Ohrmuschel umgiebt den Gehörgang d c. Dieser ist ungefähr ¼ Zoll lang und wird im Innern durch ein sehr elastisches Häutchen, das Trommelfell, geschlossen. Hinter diesem Häutchen befindet sich eine elliptische Höhlung, die Paukenhöhle, deren große Axe etwa ¼ Zoll beträgt und quer vor der Axe des Gehörganges gelegen ist, wie die nebenstehende Abbildung es anschaulich macht. Sie ist mit Luft angefüllt und steht durch einen Kanal b, die Ohrtrompete oder die eustachische Röhre, mit dem Innern des Mundes im Zusammenhange. In dieser Paukenhöhle liegen noch einige Gehörsknöchelchen, welche wir später besonders beschreiben wollen.



Innerer Bau des menschlichen Ohres.

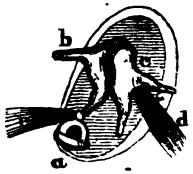
An die Paukenhöhle schließt sich das Labyrinth f e und die Schnecke e. Diese machen das innere Ohr aus und mit ihnen steht der Gehörnerv g in Verbindung. Das Labyrinth (siehe untenstehende Abbildung) bildet eine knöcherne Höhlung, von welcher sich auf der einen Seite drei bogenförmige Kanäle erheben, sowie auf der andern Seite eine schneckenhausartige Fortsetzung a. Der mittlere Hohlkörper d heißt Vorhof. In diesem sind zwei mit zarten Häutchen geschlossene Oeffnungen g, f wovon jene das runde, diese das ovale Fenster heißt. Der ganze Körper ist mit Wasser gefüllt.

Das Labyrinth.

In der Paukenhöhle befinden sich vier unter einander verbundene Knöchelchen, welche nach ihrer äußern Erscheinung Hammer, Amboß, Steigbügel und Linsenbeinchen heißen. Der Hammer c hängt mit seinem Stiele am Saume des Trommelfells und mit seinem dickern Kopfende am Amboß b fest. Der Steigbügel a ist an die Haut des ovalen Fensterchens im Labyrinth gewachsen; zwischen ihm und der einen Wurzel des Amboßes liegt das Linsenbeinchen; und diese drei sind so zu einem Ganzen verbunden, daß jedes für sich beweglich ist. d und e sind Muskeln zum Bewegen der Gehörsknöchelchen.

Die Muschel scheint im Allgemeinen den Zweck zu haben, den Schall

aufzufangen und zu concentriren. Ueberdeckt man diesen Theil des Ohres mit einer Pappscheibe, in der nur eine dem Gehörgang entsprechende Oeffnung vorkommt, so hört man auffallend schwächer. Legt man dagegen die hohle Hand hinter die Ohrmuschel, wodurch dieselbe etwas vorgebogen und vergrößert wird, so hört man merklich schärfer.



Die Gehörknöchelchen.

Das Trommelfell scheint alle Schwingungen der Luft anzunehmen und ins Innere des Ohres fortzupflanzen. Die weitere Mittheilung der Erschütterung des Trommelfells geschieht wahrscheinlich theils durch die Verbindung von Hammer, Amboß und Steigbügel, theils durch die in der Paukenhöhle befindliche Luft. Die im Labyrinthe und der Schnecke befindliche Flüssigkeit, welche an der Schallvibration Theil nimmt, erschüttert auch die hierin vertheilte Nervenmasse, deren Fibern vielleicht, ihrer Länge gemäß zum Mitschwingen angeregt, die Empfindung des Tones veranlassen.

Man hat beobachtet, daß nicht nur die Theile des äußern Ohres fehlen können, sondern auch das Trommelfell zerstört, die Gehörsknöchelchen vernichtet sein können, ohne daß daraus gänzliche Taubheit erfolgt ist. Nur des innern Ohres Theile, Labyrinth und Schnecke, müssen unversehrt geblieben sein.

Die eustachische Röhre dient wahrscheinlich dazu, dafür sorgen zu können, daß das Trommelfell inwendig und auswendig immer unter gleichem atmosphärischem Drucke steht. Vielleicht trägt sie auch zur Erleichterung des Hörens bei, und man kann sich daraus erklären, warum schwerhörige Leute und Horcher den Mund offen halten. Den Kanonieren wird geheißen, bei dem jedesmaligen Lösen ihrer Geschütze den Mund zu öffnen, damit das Trommelfell unter dem Einflusse des einseitig erschütterten Luftdruckes nicht Gefahr läuft zerstört zu werden.

Wir kehren nun wieder zu unserer Untersuchung zurück. Zur Fortpflanzung des Schalles in der Luft gehört Zeit. Sehen wir in einiger Entfernung ein Geschütz abfeuern, so hören wir den Knall davon immer erst merklich später. Bei dem aus der Ferne von uns beobachteten Holzhacker sehen wir den Schlag seiner Axt immer etwas früher, ehe wir ihn hören. Die Soldaten marschiren genau nach dem Takt ihrer Musik, aber dennoch sieht man deutlich, daß die Tritte derer, welche der Musik näher sind, nicht mit denen übereinstimmen, welche entfernter davon sind; ja, die Militärreihe braucht gar nicht sehr lang zu sein, bei der man sieht, daß in demselben Augenblicke die ersten mit dem linken Fuße, die letzten mit dem rechten Fuße zutreten. Man hat daher schon früh daran gedacht, die Geschwindigkeit des Schalles zu messen. Benzenberg wählte dazu einen Kirchthurm zu Rotingen zum Standpunkte, von wo aus die Explosion eines Geschützes zu Düsseldorf vermittelst einer Tertienuhr beobachtet wurde. Die Entfernung war trigonometrisch genau bestimmt. Die Versuche wurden 1809 am 3. Dezember und 1811 am 8. Juni angestellt, wobei die Winter- und Sommertemperatur schon einen merklichen Unterschied in der Schallgeschwindigkeit an den Tag legte. Die hieraus abgeleitete mittlere Geschwindig-

keit für eine Temperatur von 0 Grad stellte sich so heraus, daß der Schall in einer Sekunde einen Weg von 1027⅞ par. F. zurücklegte. Im Jahre 1822 vereinigten sich A. v. Humboldt, Gayluſſac, Bouvord, Prony, Matthieu und Arago zu einer sehr genauen Messung, welche sie zu Paris durchführten. Sie fanden, daß der Schall in einer Sekunde 1018 ⅘ p. Fuß. zurücklege und daß seine Bewegung durchaus gleichförmig sei. Die Versuche, welche Kendal, Parry, Nias und Fiſcher in den Polargegenden bei bedeutenden Kältegraden angestellt haben, führten zu der Ueberzeugung, daß die Schallgeschwindigkeit bei dem Sinken der Temperatur abnimmt. Auch hat die Höhe des Ortes einen Einfluß. So fand Condamine die Geschwindigkeit des Schalles zu Cayenne 1101 p. F. und zu Quito 1050. Der Wind, so sehr er im Allgemeinen der Intensität des Schalles förderlich oder hinderlich sein kann, je nachdem er mit oder gegen ihn thätig ist, hat dennoch nur einen sehr geringen, kaum merklichen Einfluß auf die Veränderung der Geschwindigkeit desselben. Die Schnelligkeit des Windes auf die Stunde bezogen ist selbst bei heftiger Bewegung nur 10 bis 15 Fuß groß. Bei genauen Messungen muß natürlich darauf Rücksicht genommen werden. Man sieht aber leicht, daß ein Nichtberücksichtigen des Windes keine große Differenz ergeben kann.

Höchst überraschend sind indessen die Resultate der Untersuchungen über das Fortpflanzen der hohen und feinen, der tiefen und groben Töne in der Luft ausgefallen. Die Florentiner Akademie hat gefunden, daß jeder Schall, sein Ton mag hoch oder tief, gedämpft oder offen, leise oder laut sein, denselben Weg in derselben Zeit durchlaufe. Derham hat mit dem Schlage des Eisenhammers zugleich eine Pistole abschießen lassen und in der Entfernung einer engl. Meile, wo die letztere kaum noch zu hören war, Schlag und Schuß ganz in demselben Augenblick gehört. Mariane stellte darüber zu Beziers 1723 noch genauere, sehr interessante Versuche an, welche ausführlich beschrieben sind in der „Systematischen Darstellung aller Erfahrungen in der Naturlehre von Johann Rudolph Meyer dem jüngern." In dem westlichen Thurme der Kathedrale genannter Stadt hingen zwei Glocken, wovon die eine 114 Ctr. wog und 5′ 6″ 7‴ Durchmesser besaß, die andere hingegen nur 7 Ctr. Gewicht und 2′ 2″ 3‴ Durchmesser hatte. Die Vibrationen der großen Glocke verhielten sich zu denen der kleinen wie 5 zu 12. Auf beide sollten nun in demselben Augenblicke Schläge geführt werden, welche man in einer bestimmten Entfernung nach verschiedenen Gegenden hin beobachten wollte. Mariane verabredete sich deshalb mit mehreren Fachgenossen, von denen er eine Abtheilung bei den Glocken zurückließ, zwei andere Abtheilungen dagegen mit und gegen den Wind in derselben geraden Linie so aufstellte, daß jede 500 Toisen vom Thurm entfernt war. Der Fortgang des Schalles war daher nach dem einen Standpunkte mit dem Winde und nach dem anderen gegen denselben. Anfangs befand sich Mariane bei der ersten Abtheilung, um sich genau zu überzeugen, daß das Anschlagen an die Glocken auch ganz gleichzeitig geschehe; dann begab er sich zu der zweiten und zuletzt auch zu der dritten Station. Damit jeder Beobachter auf die erfolgenden

Glockenschläge aufmerksam sein konnte, hatte man sich darin geeinigt, daß das Anschlagen der Glocken genau von Minute zu Minute auf einander folgen sollte, welches jeder nach seiner Taschenuhr abwarten konnte. Wenn im Thurme ein Fehler passirte und die Doppelschläge dadurch nicht ganz gleichzeitig geführt wurden, so ward dies augenblicklich durch einen neuen Schlag der großen Glocke signalisirt und die hierzu gehörende Beobachtung blieb unberücksichtigt. Nachdem nun ungefähr funfzig bis sechszig Doppelschläge an die Glocke gethan waren, so fand es sich, daß die feinen Töne der kleinen Glocke nur sehr wenig früher hörbar waren, als die tiefen der großen Glocke. Der Unterschied ließ sich aber nur mit der schärfsten Spannung des Ohrs herausfühlen, so daß er oft gar nicht zu hören war und fast immer der Möglichkeit zu Fehlern angehörte. Man ist daher seit der Zeit darin überein gekommen, anzunehmen, daß jeder Schall, sein Ton mag hoch oder tief, gedämpft oder offen sein, denselben Weg in derselben Zeit durchlaufe. Die Versuche Mariane's bestätigten auch [redacted] das vorhin Gesagte, daß der Wind die Geschwindigkeit des Schalles nur se[redacted]ändere.

Der Schall hat wie das Licht ein Bestreben, sich nach a[redacted]eiten hin fortzupflanzen; daher nennt man den Fortgang desselben in einer bestimmten Richtung auch einen Schallstrahl. Wenn Schallstrahlen in ihrem Fortgange auf harte Körper stoßen, so werden sie ebenfalls wie das Licht unter eben dem Winkel, unter welchem sie einfielen, zurückgeworfen. Die Ursache davon ist nur in der Elasticität der Luft zu suchen, von der wir schon wissen, daß sie den Schall in vibrirender Bewegung fortpflanzt. Durch das Zurückwerfen der Schallstrahlen entsteht das Echo. Im Freien geben Felsen, Mauern, Bäume, selbst die Wolken vielfache Veranlassung zu diesem Schallreflex. Auf der Mitte des Echoplatzes in Cassel hört man jedes laut gesprochene Wort vielfach wiederholt. Nicht weit von Mailand in dem Landsitze Simonetti's ist ein Echo, das jedes laut gerufene einsilbige Wort vierzigmal wiederholt, einen Pistolenknall sogar sechszigmal. Auf der Roßtrappe im Harz wiederholt sich ein Pistolenschuß so andauernd und rasch auf einander folgend, daß er sich anhört wie das Rollen eines Donners. Sind die Entfernungen der hemmenden Wände geringer als 50 Fuß, so verschmilzt der Wiederhall mit dem ausgesprochenen Laut. Dies ist besonders in großen Sälen und Kirchen der Fall und nöthigt den Redner zum Langsamsprechen, so daß jede Silbe gehörig aushallen kann. Nach diesem Gesetze des Schalles lassen sich auch die Wirkungen der Sprachgewölbe erklären. Man giebt ihnen eine elliptische Form, weil die Ellipse die dazu erforderliche Eigenschaft besitzt, daß die geraden Linien, welche von irgend einem Punkte der krummen Linie zu den beiden Brennpunkten gezogen werden, mit der Tangente jenes Punktes und also auch mit der krummen Linie selbst gleiche Winkel bildet. Die Schallstrahlen, welche daher von dem einen Brennpunkte ausgehen, vereinigen sich wieder in dem andern. In dem einen Gebäude der kaiserlichen Sternwarte zu Paris ist absichtlich ein solches Sprachzimmer angelegt, und zu Girgenti in Sicilien soll durch Zufall die eine Kirche eine solche Form besitzen. Das sogenannte Ohr des Dionysius zu Syrakus findet auch nach diesem

Gesetze seine Erklärung. Man erzählt, der Tyrann habe sich eine Grotte in einen Felsen hauen lassen, deren Form so beschaffen gewesen sei, daß die leisesten Reden, welche darin geführt wurden, seinem Ohre hörbar waren. Das Gewölbe dieser Grotte, wenn sie wirklich existirt hat, besaß wahrscheinlich eine paraboliſche Form, weil alle mit der Axe der Parabel parallel einfallenden Schallstrahlen nach dem Brennpunkte zurückgeworfen werden. Nach Derham soll die Kuppel der Paulskirche zu London die merkwürdige Eigenschaft besitzen, daß das Picken einer Taschenuhr von dem einen Ende bis zum entgegengesetzten gehört werden kann. Der Grund hiervon möchte aber wol eben so gut in der eigenthümlichen Verknüpfung der materiellen Bestandtheile, als in der besonderen Form der Kuppel zu suchen sein, weil ganz dieselbe Wahrnehmung mit sehr vielen anderen übereinstimmt, welche man über das Fortpflanzen des Schalles in festen Körpern gemacht hat, wovon schon oben die Rede war. An einem Gardinenbr[illegible]on 14 Fuß Länge befestigte ich eine gehende Taschenuhr; diesen Apparat [illegible]ich dann so weit zum Fenster hinaus, bis ich im Zimmer nicht den geringsten [illegible]t mehr von der Uhr hören konnte; legte ich nun aber das Ohr an das im Zimmer gebliebene Ende des Bretes, so hörte ich den Uhrschlag wieder ganz deutlich. Jorissen, ein Kaufmann zu Kleve, hatte schon seit vielen Jahren das Unglück, ganz taub zu sein. Eines Tages saß er neben einem Klavier, worauf seine Tochter spielte; seine thönerne Pfeife berührte zufällig das Instrument, und er staunte nicht wenig, als er plötzlich durch seine Pfeife hindurch die schöne Harmonie der Töne wieder vernehmen konnte. Die Indianer hören Meilen weit, wenn sie ihr wachsames Ohr auf die Erde legen. Franklin versichert, daß er unter Wasser in einer Taucherglocke das leiseste Reiben zweier Steine an einander in einer Entfernung von zehn Minuten Weglänge ganz deutlich gehört habe, sobald dasselbe nur auch unter Wasser vorgenommen worden wäre. Wir haben oben schon gesehen, daß das Wasser den Schall auch mehr als viermal so geschwind fortpflanzt. Chladni hat gefunden, daß das Glas den Schall mehr als sechsmal so geschwind fortpflanzt als die Luft, und in demselben Maße ihn auch kräftiger bleiben läßt.

Wir kommen nun an einen sehr interessanten Abschnitt der Lehre vom Schall, nämlich an das Fortpflanzen desselben in festen mit Luft erfüllten Röhren. Die Versuche nnd Beobachtungen, welche in dieser Hinsicht von dem Schotten Thomas Dick angestellt worden sind, haben einen so glücklichen Erfolg gehabt, daß man mit großer Wahrscheinlichkeit erwarten darf, unserer Stimme und dem Gehör werde durch Sprachröhren gewiß noch eine eben so große Erweiterung und Verstärkung zu Theil, wie dem Gesichte schon längst durch das Fernrohr geboten worden ist.

Walker beschreibt ein einfaches Mittel, wodurch er im Stande gewesen ist, sich mit Jemandem ganz leise flüsternd zu unterhalten, der 17¼ F. von ihm entfernt war. Es gehörte dazu Nichts weiter als eine Röhre, welche sich zu beiden Seiten trichterförmig wie das Ende einer Trompete erweiterte. Der Laut der Stimme, sagt er, ward durch diese Röhre auffallend kräftiger, aber auch zugleich

sehr musikalisch tönend. Die Worte, welche durch die Röhre gesprochen wurden, machten auf die Umstehenden eine eigenthümliche, ergreifende Wirkung, sie erschütterten das Gehörsorgan so mächtig, als würden sie von einem unsichtbaren höhern Wesen mit Posaunenkraft ausgestoßen.

Johann Tobias Meier zu Göttingen zeigte in seinen physikalischen Vorlesungen eine trompetenartig zu einem zehnfüßigen engen Ringe zusammengewickelte Metallröhre von Fingerweite, welche 50 F. Länge besaß und an ihren Enden mit erweiterten Mundstücken versehen war zur Erleichterung des Hindurchsprechens. Mit diesem Apparate ließen sich noch ganz dieselben Versuche mit demselben Erfolge durchführen, wie wir vorher von Walker erzählt haben.

Die Sache ist aber gar nicht so neu, wie sie für den ersten Augenblick zu sein scheint. Schon Christian Wolff spricht in seiner Naturlehre ausführlich von dem „Fortgange des Schalles in langen Röhren." Er stellte mit zwei verschiedenen blechernen Röhren mehrere überraschende Versuche an. Die eine dieser Röhren war 15 Fuß lang und hatte eine Weite von 1 Zoll 1 Linie; die andere war noch etwas länger, besaß aber nur 5¼ Linien im Durchmesser. Die eine Oeffnung der Röhre hielt nun Wolff vor den Mund, während ein Anderer die andere Oeffnung in die Nähe des Ohres brachte. Sprach dann Wolff mit ganz leisen Flüsterworten hindurch, so wurde er am andern Ende doch ganz deutlich verstanden. Hierauf ließ Wolff sich Etwas durch die Röhre zuflüstern, da überraschte es ihn sehr, schon vorher Alles verstehen zu können, noch ehe er die Röhrenöffnung in die Nähe des Ohres gebracht hatte, ja selbst die Nebenstehenden konnten sogar jedes Wort deutlich verstehen, obgleich sie beinahe einen vollen Schritt von der Röhrenmündung entfernt waren. Es war als wenn diese Mündung selbst zum redenden Munde geworden wäre, nur zeigte das Wort mehr Kraft und wohltönende Fülle. Dies erkannte man am schönsten, wenn laut durch die Röhre hindurch gesprochen wurde.

Am meisten setzen aber die Versuche in Staunen, welche der berühmte Pariser Akademiker Biot mit seinem Freunde nnd Collegen Martin angestellt hat. Sie wählten dazu eine gußeiserne Röhre von 2860 Fuß Länge, welche dazu diente, das Wasser nach Paris zu leiten, aber gerade unbenutzt war. Biot hatte sich vorgenommen, mit Hülfe dieser Röhre zu erforschen, bis zu welcher Entfernung der leiseste Laut der menschlichen Stimme durch Röhren noch deutlich vernommen werden könnte. „Ich wünschte," sind seine eigenen Worte, „die Entfernung aufzufinden, in welcher die menschliche Stimme nicht mehr verständlich ist. Aber wie leise man auch sprechen mochte, selbst das unvernehmlichste Geflüster war in der Distanz von 2860 Fuß dasselbe, als ließe es sich dicht am Ohre des Lauschenden hören. Die Art und Weise, mit einem unsichtbaren Nachbar sich zu unterhalten, war so sonderbar, daß wir im höchsten Grade darüber erstaunten, obgleich wir die Ursache kannten. Die Pause zwischen Frage und Antwort war nur äußerst kurz und überstieg nie 5¼ Sekunden, ungeachtet der großen Entfernung, in welcher wir uns von einander befanden." Biot hatte seinem Freunde Martin angerathen, Anfangs so leise durch die Röhre zu sprechen,

als es ihm nur möglich wäre. Wie groß war aber seine Verwunderung, als er zehn Minuten später am andern Ende der Röhre ankam und hier eine geisterartige Stimme mit kräftigen aber gedämpften Lauten die verabredeten Worte Martin's aussprechen hörte. Das Organ der Stimme war gar nicht wieder zu erkennen, es hatte viel mehr Ton und Kraft als in der Wirklichkeit. Sein Staunen war außerordentlich groß. Mit freudigen Worten theilte er Martin auf dieselbe Weise und durch dieselbe Röhre die soeben gemachte wunderbare Entdeckung mit. Martin's Ueberraschung war noch viel größer, weil er in Erwartung eines sehr leisen Zuflüsterns sein Ohr dicht vor die Oeffnung der Röhre gehalten hatte, um die Rückflüsterung Biot's ja recht deutlich verstehen zu können. So eindringlich stark hatte er sich die leise Rede nicht gedacht. Sie unterhielten sich dann gegenseitig durch die Röhre, waren aber nicht im Stande so leise zu flüstern, daß sie am entgegengesetzten Ende nicht sogleich verstanden wurden. Man hörte das leise Ticken einer Taschenuhr ganz deutlich durch die lange Röhre hindurch. Dann sprachen sie lauter und lauter, immer war aber jedes Wort, jeder Ruf deutlich zu verstehen. Die Töne waren nur kräftiger und hallender, daher war es nöthig, etwas langsam und gleichmäßig betont hindurch zu sprechen in ähnlicher Weise wie man in weiten Räumen zu reden genöthigt ist. Sie bedurften aber keines anderen Mittels, um sich über die vorzunehmenden Experimente zu berathen und zu verständigen. Uebrigens war bei diesen Versuchen gar nicht zu verkennen, daß mit der Schallbewegung zugleich ein merklicher Luftzug im Innern der Röhre verursacht wurde, der um so heftiger war, je lauter die Worte ausgesprochen wurden. Man verabredete, an der einen Oeffnung der Röhre ein Pistol abzuschießen, während die andere mit der flachen Hand verschlossen gehalten werden sollte. In dem Augenblick aber, wo der Schuß fiel, war die Expansion der innern Luft so gewaltig groß, daß die vorgehaltene Hand mit Heftigkeit zurückgeschleudert und ein nahestehendes angezündetes Licht davon ausgelöscht wurde. Sie wollten sich auch davon überzeugen, daß die Geschwindigkeit der hohen und tiefen, der gedehnten und kurzen Laute, wie sie bei dem deutlichen Sprechen in jedem Augenblicke vorkommen, ganz gleich bliebe. Dazu ließ Biot an dem einen Ende der Röhre die Flöte blasen, und er hörte nun an dem andern Ende durch die Röhre die Reihenfolge, den Takt und die Art der Töne ganz harmonisch ohne alle Störung der Melodie. Damit erhielt der Satz der Florentiner Akademie eine neue Bestätigung.

Wir wollen nun versuchen, dieses merkwürdige Phänomen zu erklären. Der Laut der menschlichen Stimme hat wie jeder andere Schall ein Bestreben, die Luft nach allen Gegenden hin zu erschüttern, indeß ist die Wirkung in der Richtung immer am größten, nach welcher gesprochen wird, weil der Hauch des Mundes, welcher jedes Wort bald mehr, bald weniger begleitet, dem Fortgange des Lautes behülflich ist, und weil überhaupt nach dieser Seite hin die Oeffnung zum Freiwerden des Schalles liegt. Also würde schon hiernach der Schall in einer Röhre am weitesten und stärksten gehört werden. Wenn man nun aber auch die Schallstrahlen, welche nicht genau in der Richtung der Röhre fortgehen,

mit berücksichtigt, so findet man leicht, daß diese ebenfalls zur Verstärkung des Tones bedeutend beitragen müssen. Sie fahren gegen die innere Wand der Röhre, werden davon wiederholt so zurückgeworfen, daß sie nach und nach in die Hauptrichtung hineingezwängt werden. Die Stimme setzt daher gerade nur in dieser einen Richtung die Luft in vibrirende Bewegung, sie muß also stärker wirken, als wenn sie ihre Kraft nach verschiedenen Richtungen hin zersplitterte. Darin liegt also der Grund, warum das Sprechen durch Röhren immer kräftiger ausfallen muß als das freie Wort.

Ein genaues Verhältniß zwischen den größten Entfernungen, in denen derselbe Schall in freier Luft und durch Röhren gehört werden kann, läßt sich aus den bis jetzt eingesammelten Erfahrungen, die namentlich über die letzte Art noch höchst mangelhaft sind, nicht mit Gewißheit angeben. Will man sich indeß nur mit einer ungefähren Angabe desselben begnügen, so möchte folgende Betrachtung schon ziemlich befriedigend Aufschluß geben. Es ist nämlich sehr wahrscheinlich, daß die Quantität der Luft, welche der Schall im Freien erschütternd bewegen kann, immer der gleich zu setzen sei, welche er in dem eingeschlossenen Röhrenraume vibrirend zu bewegen vermag, und umgekehrt. Bei unserer Untersuchung läge also die Hauptfrage nach der Länge der Cylinderröhre, wovon man die Weite kennt, welche ein eben so großes Luftquantum in sich schlösse, als jene Luftkugel, die der freie Schall zu erschüttern im Stande ist, oder nur als der dritte Theil derselben, weil die Schallstrahlen, welche in Bezug auf die Röhrenrichtung rückwärts gehen und zu stark zur Seite geneigt einfallen, wol unbeachtet bleiben müssen. Nehmen wir also beispielsweise an, daß frei gesprochene Worte nur 10 Fuß weit deutlich verstanden werden könnten, und daß die Röhre 1 Zoll oder $\frac{1}{10}$ Fuß innere Weite besäße, so dürfte die Röhre 177,777 Fuß Länge haben, durch welche die Worte noch eben so deutlich gehört werden könnten. Setzen wir die Meile zu 20,000 Fuß, so würde die menschliche Stimme, welche im Freien nur bis auf 10 Fuß weit vernehmbar ist, durch eine solche Röhre fast 9 Meilen weit gehört werden können.

Don Gautier, ein spanischer Priester, machte schon am Ende des vorigen Jahrhunderts Vorschläge zum Anlegen solcher wagerechten Sprachröhren und berechnete, daß man dadurch im Stande sei, 300 Wegstunden weit in einer Zeitstunde eine Antwort zu erhalten. Der Mann hatte vollkommen Recht. Denn wenn man nach Biot's Versuchen in einer Entfernung von einer Viertelwegstunde das leiseste Geflüster noch deutlich vernehmen kann, welches frei in der Luft nur ungefähr einen Fuß weit vom Ohre verstanden wird, so müssen Worte, welche 10 Fuß weit vom Ohre gehört werden können, 10 mal stärker sein, also 1000 mal mehr Luft in Schallbewegung versetzen können, wonach die Röhre unter übrigens gleichen Umständen auch 1000 mal mehr Länge besitzen dürfte. Nun sind aber 2,860,000 Fuß 143 Meilen oder 286 Wegstunden, wofür Pater Gautier die runde Zahl 300 gesetzt hat. Nehmen wir ferner an, daß der Schall in einer Sekunde 1000 Fuß zurücklegt, so würde er die Länge von 300 Wegstunden in 50 Minuten durchlaufen, und es könnte daher

auf jedes durch die Röhre gesprochene Wort schon in 100 Minuten Zeit eine Antwort zu erwarten sein.

Es leuchtet nun sogleich ein, daß solche Sprachröhren sich ganz vorzüglich dazu eignen würden, unsere heutigen Telegraphen zu ersetzen und zu unterstützen, und wir können den Gegenstand nicht verlassen, ohne noch ein empfehlendes Wort gerade in dieser Beziehung hinzuzufügen. Um dabei mehr das bestimmte Interesse eines speciellen Falles vor Augen zu behalten, so wollen wir uns einmal vorstellen, daß längs der Eisenbahn zwischen Braunschweig und Wolfenbüttel eine solche Cylinderröhre zum Fernsprechen angelegt werden sollte. Die genannte Strecke beträgt 1¼ Meile oder 30,000 Fuß. Zunächst ist die Frage, wie stark möchten wol die Worte an dem einen Ende dieser Röhre ausgesprochen werden müssen, damit sie am Ausgange noch deutlich zu hören und zu verstehen wären. Bei einer solchen Frage wird Mancher zweifelnd den Kopf schütteln und der Meinung sein, daß zu den Worten, welche auf anderthalb Meile Entfernung noch gehört werden sollten, wol mehr als menschliche Kraft erforderlich wäre. Um so mehr wird man sich aber wundern, wenn man vernimmt, daß mit Hülfe der Röhre die Worte nicht lauter zu sprechen sind, als nöthig ist, um in freier Luft auf zwei bis drei Schritte von einem gewöhnlichen Ohre leicht verstanden zu werden. Die Gründe, welche zu einer so überraschenden Behauptung berechtigen, beruhen in dem auf Erfahrung gestützten Naturgesetze, daß die Schallweite in Röhren sich fast eben so zu der in freier Luft verhält, wie die Quantität der in Röhren abgesperrten Luft zu der im Freien von dem Schalle bewegten. Schließt daher nur die in der Röhre befindliche keinen größeren kubischen Inhalt in sich, so muß man in Hinsicht der Hörbarkeit hier eben die Wirkung erwarten dürfen wie im Freien. Angenommen, die Röhre habe bei 30,000 Fuß Länge $\frac{1}{7}$ Fuß Weite, so würde die Kugel, von der der dritte Theil eben so viel Inhalt in sich schlösse als die Röhre, einen Halbmesser von 5¼ Fuß besitzen müssen. Daraus folgte also, daß die Hörweite eines im Freien gesprochenen Wortes nur 5¼ Fuß zu sein brauchte, damit dasselbe durch eine zollweite Sprachröhre 1¼ Meilen weit gehört und verstanden werden könnte. Die Versuche von Biot und Martin gewähren ohnehin die schönste Hoffnung zum glücklichen Gelingen eines solchen Unternehmens.

Uebrigens dürfen wir einige Bedenklichkeiten bei dieser Angelegenheit nicht unbesprochen lassen, da sie uns zugleich auch Gelegenheit geben, unser Wissen über den Schall zu bereichern. Es steht nämlich zu vermuthen, daß bei einer solchen Sprachröhre jedes nahe und ferne Geräusch, jede starke Erschütterung, womit Luft und Erde besonders am Tage erfüllt sind, so störend auf die innere Luft einwirken können, daß die hindurchgesprochenen Worte dadurch sehr an Deutlichkeit verlieren, oder wol gar unverständlich ausfallen möchten. Hierin glaubte schon Biot eine große Schwierigkeit anzutreffen, welche der wirklichen praktischen Anwendung der Sprachröhren so bedeutende Hindernisse in den Weg legen dürfte, daß man sich ihrer nur bei Nacht, wo in der Nähe der Röhre die tiefste Stille herrsche, bedienen könne. Dieser Zweifel widerlegt sich aber fast ganz mit Biot's eigener Erfahrung. Denn er stellte seine Versuche bei Tage und mit einer bei-

nahe 3000 Fuß langen Röhre an, und sagt selbst: „Worte, die so leise gesprochen wurden, als wenn Jemand uns nur etwas ins Ohr flüstert, wurden gehört und verstanden, so daß, um sich nicht zu verstehen, es nur ein einziges Mittel gegeben haben würde, nämlich gar nicht zu sprechen.“ — Das sind sehr begeisterte, für das Gelingen der Sache sprechende Worte. Aber dennoch drängen sich uns einige Zweifel auf. Man lege nur einmal das Ohr an eine wenige Fuß lange Röhre, so geben die daran schlagenden Schallstrahlen von dem in der Natur und in unserm eigenen Körper vorkommenden, immer mit etwas Geräusch verbundenen Leben und Treiben ein solches Summen und Brummen, daß man fürchten sollte, kein Wort zu verstehen. Dieser Lärm tritt indeß sogleich als unbedeutend ganz zur Seite, sobald durch eine solche Röhre gesprochen wird. Aller Nebenlärm ist dann wie verschwunden. Ich habe in dieser Hinsicht mit einer Pappröhre von 30 Fuß Länge mich ganz leise mit Jemandem unterhalten können, während ununterbrochen an der Röhre geklopft wurde. Daß dieser Nebenlärm dem Wortschalle dennoch unter Umständen leicht hinderlich werden könne, wollen wir gar nicht in Abrede stellen, indeß sind wir doch auch vollkommen davon überzeugt, daß man überall Mittel ausfindig machen kann, wodurch die mögliche Störung wieder zu beseitigen ist.

Jetzt hat man von den Sprachröhren noch weiter keinen praktischen Gebrauch gemacht, als daß man sie in großen Gebäuden, wo die verschieden Geschäftslokale weit von einander abgelegen sind, zur raschen Communication benutzt. Da leisten sie aber ganz vortreffliche Dienste. In Braunschweig auf dem Bahnhofe steht das Telegraphenbureau mit dem Betriebslokale der Eisenbahn durch eine wol 40 bis 50 Fuß lange Sprachröhre in Verbindung; sie geht in der Halle unter allen Schienen hindurch, es fehlt ihr also nicht an der Veranlassung zu geräuschvollen Störungen, aber dennoch geht das Besprechen der beiden Parteien vortrefflich dadurch von Statten. Der Portier einer großen Buchhandlung empfängt durch eine eben so lange Röhre direkte Aufträge für den Laufburschen. Die Frau eines Mechanikus fragt von dem Laden aus, den sie nicht verlassen mag, durch eine Sprachröhre ihren Mann, der sich weit davon im Geschäftslokale befindet, und erhält sogleich die erwünschte Antwort. Der Kellner einer Restauration macht seine Bestellungen an den Koch in der Küche durch ein solches Sprachrohr, als wäre er selbst darin.

Das Sprachrohr.

Wir dürfen es nicht unterlassen, an dieser Stelle unserer Betrachtung auch des Sprachrohres zu gedenken. Es ist eine Erfindung des Ritters Morland zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts. Seine Form hat viel gewechselt, bis man nach Lambert's sorgfältiger Untersuchung die Kegelform als die zweckmäßigste angesehen hat. In Hinsicht der Dimensionen hält man für's Beste,

wenn der kleine Durchmesser a b 1¼ Zoll, der große c d 13 Zoll und die Länge e f 52 Zoll ist. Man will durch Versuche gefunden haben, daß ein nach diesen Dimensionen eingerichtetes Sprachrohr den Schall 12¼ mal verstärke. Mit Hülfe eines solchen Apparates ertheilt der Schiffskapitän seiner Mannschaft die Befehle, weil besonders bei unruhigem Wetter und auf großen Fahrzeugen die unbewaffnete Stimme des Menschen ohnmächtig verhallt. Auch benutzt man denselben zur Unterredung, wenn sich auf offenem Meere Fahrzeuge begegnen. Ein kräftiger Mannesruf durch ein solches Sprachrohr ist auf 6000 Fuß Entfernung noch deutlich zu verstehen. Die Erklärung fällt mit derjenigen der vorhin besprochenen Sprachröhre ziemlich in Eines zusammen.

Das von John Taylor erfundene Telephon, ein Rettungsmittel der Noth leidenden Seefahrer, verdient hier auch noch der kurzen Erwähnung. Es ist ein Sprachrohr, in dessen Mundstück vier abgestimmte Harmonikatöne angebracht sind, welche mit Hülfe eines kräftigen Blasebalgs zum Tönen gebracht werden können. Der Blasebalg wird vermittelst Kurbel und Rad gefüllt, und das Freiwerden und Wirken des Windes geschieht durch das Niederdrücken von Tasten, welche an dem leicht transportablen Apparate angebracht sind. Dies Alles wird durch nebenstehende Figur anschaulich gemacht. Die gewaltig kräftigen, posaunenartigen Töne, welche dieses Instrument hören läßt, durchdringen das stärkste Brausen des Sturmes auf weite Strecken des Meeres.

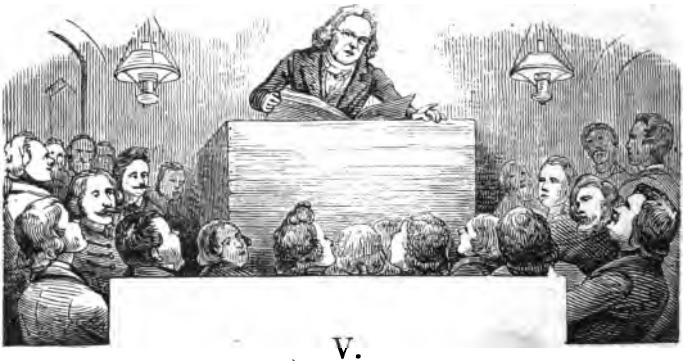
Das Telephon.

Legt man das Ohr an die enge Oeffnung des Sprachrohres, so fühlt man augenblicklich eine bedeutende Verstärkung der Gehörskraft. Alle hineinfallenden Schallstrahlen werden verdichtet und müssen daher kräftiger auf das Trommelfell wirken. Zu diesem Zwecke giebt man ihm aber eine passendere Form, wie nebenstehend abgebildet und nennt es dann Hörröhr. Es dient vorzugsweise zur leichtern Unterhaltung mit schwerhörenden Menschen.

Durch die neueren Untersuchungen über den Schall hat man gefunden, daß

derselbe zu einem dem Ohre wohlgefälligen Klange oder Tone werde, wenn die dabei zu Grunde liegenden Schwingungen etwas Gleichartiges besitzen, und daß die Höhe und die Tiefe des Tones lediglich von der Geschwindigkeit der gleichartig auf einander folgenden Schwingungen in derselben Zeit abhängig sei. Unsere a angebende Stimmgabel macht 440 solcher Schwingungen in einer Sekunde. Nach Savart sollen bei dem allertiefsten, vom Ohre noch wahrzunehmenden Tone 7 Schwingungen auf eine Sekunde gehen, und bei dem allerhöchsten 24,000. Bei dem tiefsten Tone der 32 füßigen Orgelpfeife macht die Luft 16 Schwingungen in der Sekunde. Verkürzt man unter derselben Spannung eine tönende Saite um die Hälfte, so macht sie in derselben Zeit gerade noch einmal so viele Schwingungen und giebt genau einen um eine Oktave höhern Ton an. Auf ähnliche Weise werden auch die Verhältnisse der Schwingungszahlen aller Töne der Tonleiter bestimmt. Nimmt man an, um dies in ganzen Zahlen aussprechen zu können, daß irgend ein Grundton, vielleicht C, in einer gewissen Zeit 24 Schwingungen macht, so würde in eben dieser Zeit D 27, E 30, F 32, G 36, A 40, H 45, c 48 Schwingungen machen. Alle diese Untersuchungen sind aber so heiner Art und interessiren nur die Meister der Tonkunst, daß wir uns hier entsalten müssen, tiefer in die Sache einzugehen.

Das Hörrohr.



V.

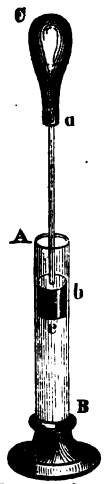
Beziehung der Atmosphäre zu dem Wasser unter Einfluß der Wärme.

Expansion der Luft durch Wärme. Verdichtung der Luft entwickelt Zunahme, Verdünnung derselben dagegen Abnahme der Wärme. Versuche über das Sieden des Wassers. Einfluß des atmosphärischen Luftdrucks dabei. Das Messen der Höhe der Berge mit Hülfe der Temperatur des siedenden Wassers. Aehnlichkeit und Verschiedenheit des Wasserdampfes mit der Atmosphäre. Latente Wärme der Dämpfe. Prozeß der Verdampfung des Wassers bei jeder Temperatur. Eintritt, Austritt und Verweilung des Wassers in der Luft. Praktische Verwerthung des Dampfes als Mittel der Erwärmung und Abkühlung. Dalton's Grundsätze und Folgerungen in Bezug auf das Wasser in der Atmosphäre. Atmometer.

Bringt man eine nur etwas mit Luft angefüllte, fest zugebundene Thierblase über glühende Kohlen, so sieht man, wie sie sich aufblähet, gerade als würde mehr und mehr Luft hineingeblasen. Ganz dasselbe würde man wahrnehmen, wenn die Blase unter den Recipienten der Luftpumpe gebracht wäre, und man die Luft aus diesem gepumpt hätte. Daraus folgt, daß in der Luft durch Steigerung ihrer Wärme auch ihre Expansion vergrößert wird. Ist die Blase von einem kleinen Thiere Lamme, oder überhaupt von keinem zu festen Stoffe, so kann man durch fortgesetztes Steigern der Wärme die Expansion der eingeschlossenen Luft so weit treiben, daß sie die Hülle durchbricht und sich frei macht. Dies läßt sich mit der Luftpumpe fast nie erreichen. Folglich kann die durch Wärme in der Luft rege gemachte Expansion über einen Atmosphärendruck hinaus gesteigert werden. Sowie aber umgekehrt die durch Erwärmung aufgeblähete Thierblase sich abkühlt, so fällt sie wieder zusammen, und nimmt ihre ursprüngliche faltige Gestalt an, als wenn gar Nichts mit ihr vorgenommen worden wäre. Abnahme der Wärme in der Luft bewirkt also auch eine

Abnahme ihrer Expansion. Dies zeigt sich auch bei einer im Winter unter Stubenwärme straff aufgeblasenen thierischen Blase, denn wenn dieselbe draußen in die Kälte gebracht wird, so zieht sie sich faltig und schrumpfelig zusammen. Wenn die über glühende Kohlen durch Steigerung der Expansion stark aufgeblähete Thierblase unter Fortsetzung und Steigerung der Erwärmung durchstochen wird, so hört man deutlich, wie ein Theil der Luft aus der Blase entweicht. Es folgt dies einfach aus dem oben kennen gelernten Grundgesetze der Ausgleichung der mit einander communicirenden Luftarten ungleicher Expansion. Man hat dies vor der Erfindung der Luftpumpe vielfach benutzt, um sich luftleere Räume zu bilden. Das Erwärmen der Schröpfköpfe hat keinen andern Zweck, als in ihnen einen luftverdünnten Raum zu bilden. Die Thermometer lassen sich nur dadurch füllen, daß man aus ihnen durch starke Hitze die Luft heraustreibt. Uebrigens wollen wir hier nicht unerwähnt lassen, daß die auseinandertreibende Kraft der eingeschlossenen Luft durch fortgesetztes gesteigertes Erwärmen immer höher getrieben werden kann, bis sie jeden Widerstand beseitigt. Man hat damit selbst Bombenkugeln zum Zerplatzen gebracht. Darin liegt auch der Grund, daß man sich noch immer der Hoffnung hingiebt, die Expansion der erhitzten Luft zum Treiben der Maschinen auf eben die Weise wie den Wasserdampf zu benutzen.

In neuerer Zeit will man gerade in der Wärme die alleinige Ursache zu allen Expansionserscheinungen gefunden haben. Hiernach müßte bei jedem Zusammenpressen der Luft Wärme frei, sowie bei jedem Ausdehnen derselben auch Wärme verschluckt werden, und dies bewahrheitet sich durch wirkliche Versuche. Durch schnelles Zusammenpressen der Luft hat man die freiwerdende Wärme so hoch gesteigert, daß sie leicht brennbare Gegenstände entzündete. Das Mollet'sche pneumatische Feuerzeug findet dadurch erst eigentlich eine befriedigende Erklärung. Dasselbe besteht aus einem gut-ausgebohrten und polirten Cylinder A B, der aus Metall, Glas oder irgend einem andern dichten Stoffe gearbeitet sein kann. Das verschlossene Ende B dieses ersten Theiles des Apparates läuft in einen hölzernen Handgriff D aus. In dem Innern dieses Cylinders läßt sich, vermittelst eines mit D ähnlichen Handgriffes C, ein Stempel a b auf und nieder bewegen, dessen Kolben b, welcher dem der Luftpumpe nur im verkleinerten Maße ähnlich ist, an dem untern Ende einen kleinen Haken c besitzt. An diesem wird der Zunder befestigt, der durch die Luftwärme angezündet werden soll. Hat man nun c mit diesem Zündstoff versehen und stößt dann den Stempel rasch in den Cylinder A B hinein und zieht ihn eben so schnell wieder heraus, so brennt der Zunder. Die zusammengepreßte Luft hat also plötzlich so viel Wärme frei werden lassen, daß davon der Schwamm angezündet werden konnte. — An Beispielen für die umgekehrte Wahrnehmung fehlt es uns auch nicht, daß nämlich durch ein rasches Ausdehnen



Pneumatisches Feuerzeug.

der Luft Wärme verschluckt, oder, was dasselbe sagen will, Kälte erzeugt wird. Unser gewöhnlicher Küchenblasebalg ist schon ein passender Apparat zu diesen Versuchen. Hier wird die im Innern zusammengepreßte Luft durch das Entweichen aus der Spitze plötzlich ausgedehnt, und hält man die Hand in diesen Strom, so fühlt man ganz deutlich eine Kälte, d. h. ein Wegnehmen der Wärme von unserer Hand. Die aus dem Munde auf die Hand geblasene Luft macht bekanntlich auch dieses Gefühl der Abkühlung rege. Die Versuche gelingen auch vortrefflich mit Hülfe des Thermometers, wodurch wir sicher gestellt sind, daß uns unser Gefühl nicht getäuscht hat. Bei den großen Naturphänomenen in unserer Atmosphäre fehlt das Verdichten und Wiederausdehnen der Luft nicht, und man kann sich leicht denken, wie dies benutzt worden ist zum Erklären der vielen Wärmeerscheinungen im Luftmeere. Einst wollte man sich mit Hülfe der Luftpumpe von der Richtigkeit dieses Naturgesetzes überzeugen und war nicht wenig erstaunt, von diesem vortrefflichen Hülfsmittel geradezu ganz im Stiche gelassen zu werden. Man hatte einen Recipienten, in dem ein sehr empfindliches Thermometer aufgehängt war, luftleer gemacht, öffnete dann den Hahn, damit die Luft wieder einströme. Es war hier also ein Ausdehnen der Luft, so vollkommen wie man sich nur denken konnte, aber dennoch war an kein Sinken des Thermometers zu denken. Dies überraschte sehr, und man dachte sogar schon an ein Aufgeben des ganzen Naturgesetzes. Nach der neuesten Ansicht über Wärme als eine bloße Kraft fällt aber jede Ueberraschung weg. Die einer Materie zugefügte Wärme zerfällt in zwei Theile; der eine davon dient zur Erhöhung der Temperatur bei constantem Volumen dieser Materie, der andere erzeugt Bewegung. Sobald es nun aber an dieser Materie fehlt, so findet auch kein Wechsel der Kräfte statt, woraus es sich denn auch erklärt, warum eine Luftmasse erkaltet, wenn sie sich in der Luft ausdehnt, dagegen aber ihre Temperatur unverändert beibehalten muß, sobald sie sich in einem luftleeren Raume ausdehnt, weil hier die zu bewegende Gegenmaterie fehlt. Der Unterschied zwischen Arbeitskraft und Wärmekraft ist nach dieser Theorie kein anderer, als der zwischen Bewegung einer Masse und Bewegung von Moleculen dieser Masse. Und die Umsetzung der Arbeit in Wärme besteht blos in einer Mittheilung der Bewegung nach dem Gesetz der Mechanik, wobei Umwandlung der Massenbewegung in Molecularbewegung übergeht.

Alle unsere frühern Untersuchungen über die Expansion der Luft erleiden daher noch eine Aenderung und Vervollständigung durch die Rücksicht auf die dabei immer vorkommende Beziehung zur Wärme als Kraft.

Nimmt man eine offene Flasche, in der man Wasser bis zum Sieden erwärmt hat, vom Feuer und verkorkt sie luftdicht, taucht dieselbe am Halse erfaßt mit dem Korkende unter Wasser, damit jeder Zutritt der atmosphärischen Luft abgeschnitten ist, so hat natürlich alle siedende Bewegung des eingeschlossenen Wassers aufgehört. Berührt man dann aber die obere Bodenfläche mit der kalten Hand, so überrascht es sehr, das Wasser plötzlich wieder in das wallende Sieden gerathen zu sehen. Hat dieses Kochen zuletzt aufgehört, so ist es leicht

noch einmal hervorzurufen, sobald man den Boden der Flasche rasch noch stärker abkühlt, z. B. durch das Uebergießen mit kaltem Wasser. Wenn endlich der Apparat sich ganz abgekühlt hat, und nichts mehr von der siedenden Bewegung zeigen will, so kehre man ihn verkorkt um und bringe seine Bodenfläche auf einige Augenblicke recht behutsam der Spiritusflamme wieder nahe, dann zeigt sich das Sieden abermals und zwar viel früher, ehe das eingeschlossene Wasser wirklich Siedhitze angenommen haben kann. Oeffnet man dagegen die Flasche und setzt sie so dem Einflusse der Wärme aus, so siedet es nicht eher, als bis es 80°, die Temperatur des kochenden Wassers, erreicht hat. Bleibt die Flasche indeß fest geschlossen, so läßt sie sich tagelang aufbewahren, ohne die eben beschriebene Eigenschaft, bei einer Erwärmung von 40 bis 50° zu sieden, zu verlieren. Auch läßt sich diese wallende Bewegung dann jedesmal umgekehrt wieder erwecken, wenn man die Flasche auf den Kopf stellt und ihre nach oben gekehrte Bodenfläche mit kaltem Wasser übergießt. Benutzt man hierzu wie Anfangs die kalte Hand, so fühlt man deutlich, wie die Flasche während dieses künstlich erweckten Kochens, jedesmal merklich heißer wird.

Die eben beschriebene Erscheinung hat sehr viel Ueberraschendes für den, welcher sie zuerst beobachtet, um so mehr ist er dann aber begierig zu erfahren, wie sich das Ganze erklären lasse. Wir wollen daher auch nicht damit zurückhalten. Zunächst müssen wir bemerken, daß bei dem Sieden des Wassers in offenen Gefäßen der Druck der Atmosphäre immer eine wichtige Hauptrolle mitspiele, ja man hat, von der Erfahrung geleitet, herausgefunden, daß überhaupt das ganze Sieden nichts Anderes sei, als ein Ueberwinden dieses Atmosphärendrucks. Man brachte Wasser in das siedende Wallen durch rasches mechanisches Wegnehmen des auf ihm lastenden Luftdrucks ohne seine Temperatur zu erhöhen. Füllt man z. B. eine an dem einen Ende luftdicht verschlossene, 2 bis 3 Fuß lange Glasröhre von Barometerweite etwas über die Hälfte mit kaltem Wasser an, treibt dann einen an einem steifen Drahte befestigten Baumwollenpfropfen bis in die Mitte der Flüssigkeit und zieht nun rasch den Kolben einige Zoll hoch empor, so sieht man das Wasser unter dem Pfropfen über und über in Blasen aufgelöst in wallende Bewegung kommen gerade wie bei dem Sieden. Offenbar hat man hierbei das Wasser in der Röhre auseinander gerissen und plötzlich von der untern Hälfte den atmosphärischen Luftdruck hinweggenommen; es erfolgte also das Sieden einfach durch die Wegnahme des Luftdrucks. Der Pulshammer ist ein zum Theil mit Wasser gefülltes Glasgefäß, welches, nachdem aus ihm mit Hülfe der Wärme so viel nur möglich die Luft herausgetrieben, luftdicht zugeschmolzen ist; erfaßt man diesen Apparat auf der Wasserseite mit der warmen Hand, so geräth sein Inhalt schon durch diese bloße Handwärme ins Sieden. Stellt man ein kleines mit etwas angewärmtem Wasser angefülltes offenes Gefäß unter den Recipienten der Luftpumpe und entfernt möglichst rasch die Luft aus diesem letzteren, so kocht das Wasser mit so lebhaftem Wallen, als stände es auf dem Feuer. Wir sehen also, daß die Wärme, welche das Wasser zum Kochen treiben soll, in eben dem Maße

gering zu sein braucht, als der auf ihm lastende Luftdruck vermindert worden ist. Vergessen wir daher bei dem obigen Versuche mit der Flasche nicht, daß die Siedhitze des Wassers dicht vor dem Verkorken die atmosphärische Luft wenn nicht ganz, doch zum größten Theil ausgetrieben hat, so erklärt sich Alles ganz leicht, nur muß noch hinzugedacht werden, daß Wasserdämpfe durch Abkühlen zu tropfbarem Wasser niedergeschlagen werden und ihr Platz zu einem luftleeren Raume wird.

Bei dem Emporsteigen zu den Gipfeln hoher Berge nimmt der Druck der Luft immer mehr und mehr ab, je höher man kommt. Daraus würde folgen, daß das Wasser in offenen Gefäßen mit immer geringerer Wärme zum Sieden gebracht werden müßte, je höher man damit auf Berge steigt. Das haben uns nun beobachtende Bergreisende nicht blos als wahr bestätigt, sondern sie haben auch Regeln abgeleitet, mit deren Hülfe sie aus dem Wärmegrade des siedenden Wassers zurückschließen können auf die Höhe ihres Standortes. Oben auf dem St. Bernhard siedet das Wasser schon bei 73 bis 74° R.; dieser Berg besitzt eine Höhe von 7700 Fuß; man erzählt sich, daß diese geringe Siedehitze nicht ausreiche, das Rindfleisch gar zu kochen. Könnte man die Spitze des Dhawaligiri erreichen, so würde hier das Wasser schon mit 60° Réaumur sieden.

Es ist ein von dem berühmten Gay-Lussac zuerst erprobtes und in Vorschlag gebrachtes Mittel, gekochte Speisen in Flaschen und Blechbüchsen aufzubewahren, welches sich für Seereisende, Gastwirthe, Köche und Hausfrauen so praktisch bewährt hat, daß es in unseren Tagen ganz allgemein seine Anwendung findet. Die Gegenstände werden dabei in luft- und dampfdicht verschlossene Flaschen und Büchsen zwei bis drei Stunden lang in siedendem Wasser erhitzt. Da könnte man nun fragen, ob ein solches Erhitzen der luft- und wasserhaltigen Speisen in verschlossenen Gefäßen nicht höchst gefährlich, ob dabei keine Explosion zu befürchten sei. Wir antworten darauf mit einem ruhigen Nein, und begründen es so. Zunächst dürfen wir als bekannt voraussetzen, daß das Wasser im offenen Gefäß nie über die Siedhitze hinaus erwärmt werden und mithin auch nie einen höheren Hitzegrad abgeben kann. Ja man weiß sogar, daß wenn man in ein mit Wasser gefülltes Gefäß noch ein eben solches kleineres stellt, das Wasser nur in dem ersten unmittelbar der Wärmequelle ausgesetzten wirklich kochen kann, während das im zweiten nicht allein nicht siedet, sondern auch sogar in seiner höchsten Hitze immer noch 1 bis 2° unter 80° R. zurückbleibt. Also erlangen die im Innern der Blechbüchsen und Flaschen entwickelten Dämpfe noch nicht einmal die Spannung des einfachen Atmosphärendruckes. Da nun auch atmosphärische Luft mit abgesperrt ist und diese ebenfalls bei gesteigerter Wärme ein vergrößertes Streben sich auszudehnen an den Tag legt, so wäre auch dieser Punkt noch mit zu berücksichtigen. Nach Magnus sorgfältiger Prüfung liegt in der Luft das Expansionsgesetz, sich bei jedem um eins höhern Grade Celsius um $\frac{1}{2\,7\,3}$ ihres Volumens mehr auszudehnen. Angenommen nun, die heißen in die Behälter gethanen Speisen besäßen bei ihrer Verschließung die Temperatur von 50° C., so würde beim Sieden in der mit abgesperrten Luft das Streben rege,

sich um $\frac{5}{7}\frac{0}{3}$ ihres Raumes auszudehnen, das ist kaum $\frac{1}{2}$. Nach dem Mariotte'schen Gesetze weiß man aber, daß die in der Luft wirkende Kraft einen um $\frac{1}{2}$ größern Raum einzunehmen auch nur um $\frac{1}{2}$ größer ist als der einfache atmosphärische Druck. Der einfache Atmosphärendruck beträgt aber auf jeden Quadratzoll 15 Pfund, also ist $\frac{1}{5}$ davon nur 3 Pfund. Daraus folgt, daß bei den im siedenden Wasser stehenden Gefäßen der Ueberdruck von Innen nach Außen nur so viel beträgt, daß auf jeden Quadratzoll 3 Pfund kommen. Ist aber die Büchse oder Flasche so schwach, diesen Druck nicht ertragen zu können, so taugt sie nicht und kann überhaupt zu dem Zwecke gar nicht benutzt werden. Die Erfahrung lehrt allerdings, daß bei dem Kochen der Büchsen immer einige Löthstellen schwach genug und dieser kleinen nach Außen treibenden Kraft nicht gewachsen sind. Es ist dann die Aufgabe des gegenwärtigen sachverständigen Arbeiters, die schwachen Punkte herauszuforschen und kräftiger zu verlöthen.

Der Wasserdampf besitzt sehr viel Aehnliches mit der atmosphärischen Luft, so daß man von ihm überhaupt zu sagen pflegt, er sei luftförmig gewordenes Wasser. Wenn nun aber auch diese Aehnlichkeit da ist, so muß man ja nicht in den Irrthum der Alten verfallen und glauben, daß der Dampf wirklich atmosphärische Luft geworden sei. Der Dampf ist immer noch Wasser, ist chemisch noch aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzt, die wesentlich von denen der Atmosphärenluft verschieden sind. Und selbst in mechanischer Hinsicht ist ein großer Unterschied zwischen beiden, den man recht klar kennen muß, wenn man die Vorgänge in der Atmosphäre, wo beide immer mit einander verbunden auftreten, richtig deuten will. Darüber hat die neuere Naturlehre erst eigentlich Licht gebracht, und wir dürfen es nicht unterlassen, die Hauptsache davon zur Mittheilung zu bringen. Das Wasser wird nur durch Wärme in den luftförmigen Zustand, den wir Dampf oder Dunst nennen, gebracht; daher sieht es aus, als wenn sich hier Wasser chemisch mit einem andern Stoffe, mit der Wärme, verbunden hätte. Aus diesem Grunde war man auch früher der Meinung, daß die Wärme eine Materie sei. Wenn man den Dampf, ohne seine Temperatur zu erhöhen, in einen kleineren Raum zusammenpreßt, so wird ein Theil von ihm zu tropfbarem Wasser, und Wärme wird frei. Dies sprach ebenfalls dafür, die Wärme als einen Stoff zu betrachten. Bei diesem Zusammenpressen in den kleineren Raum wird aber die Expansion des Dampfes um gar nichts vergrößert. Darin unterscheidet sich also der Dampf schon wesentlich von der Luft, von ihr haben wir gesehen, daß sie sich durch Einpressen in einen kleinern Raum nicht zu tropfbarer Flüssigkeit verdichten läßt und daß ihre Expansion immer höher gesteigert wird, je kleiner der Raum ist, in welchen sie gepreßt werden soll. Aber auch bei der Luft wird durch Zusammenpressung in einen kleinern Raum Wärme frei, und man hat hier wiederum die Wahrscheinlichkeit, daß die Wärme ein Stoff sei, der sich mit der Luft verbunden habe. Der Schein sprach sehr für diese Ansicht, und man hat ihn lange für wahr gehalten. Gegenwärtig bemüht man sich jedoch, diese ältere Ansicht zu beseitigen und zu beweisen, daß die Wärme nichts anders ist, als eine den Stoffen innewohnende Kraft.

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts lenkte der berühmte englische Naturforscher Black seine Aufmerksamkeit auf die Eigenschaften des Wasserdampfes und entdeckte etwas ganz Neues. Er fand nämlich, daß das Wasser, wenn es zu Dampf werden und sich als Dampf erhalten wolle, eine bestimmte Menge Wärme verschlucke und geradezu unwahrnehmbar in sich trage, daß umgekehrt der Dampf, wenn er wieder zu tropfbarem Wasser werde, dieselbe versteckte Wärme wieder frei werden lasse. Die erste Veranlassung zur Entdeckung dieser versteckten oder latenten Wärme gab ein einfaches Nachdenken über die Vorgänge bei der Umwandlung des Wassers in Dampf durch Wärme. Sobald das Wasser in einem offenen Gefäß bis zum Sieden erhitzt worden ist, so nimmt es weder selbst, noch sein Dampf eine höhere Temperatur an, wie lange oder wie stark man auch die Zuführung von Wärme vornehmen mag, alle höhere Wärme wird vom Dampfe verschluckt und bleibt unwahrnehmbar damit verbunden. In verschlossenen Gefäßen verhielt sich die Sache etwas anders. Da steigerte sich die Temperatur des Wassers und der Dämpfe weit über die des Siedegrades hinaus. Im Jahre 1762 hatte Black das Wasser in einem verschlossenen Kessel bis zu 205° C. erhitzt, also war hier die Temperatur um 105° über den Siedepunkt des Wassers erhöht. Da öffnete er rasch den Deckel des Kessels, augenblicklich verwandelte sich $\frac{1}{6}$ seines Wasserinhalts in Dampf von 100° Temperatur und auch der Rückstand zeigte 100° an und war im lebhaften Sieden. Hiernach hatte also der Dampf nicht blos für sein Fünftel der Masse 105° Wärme verschluckt, sondern auch noch den rückständigen 4 Fünfteln jedem 105° Wärme entzogen, mithin wären in dem siedendheißen Dampfe 5 mal 105°, das sind 525° Wärme latent geworden. So oft er seinen Versuch auch wiederholte, immer kam er ziemlich genau wieder auf dieselbe Zahl 525° C. zurück. Dann stellte er auch eine offene Metallschale, welche Wasser von 10° C. enthielt, auf eine rothglühende Eisenplatte und beobachtete, daß dasselbe in $3\frac{1}{4}$ Minuten siedete, also seine Temperatur zu 100° gesteigert wurde, und daß es dann in 22 Minuten ganz verdampft war. Hier hatte das Wasser in $3\frac{1}{4}$ Minuten 90° Wärme gewonnen, also war die Wärmeerhöhung in jeder Minute 24° gewesen. Es ist nun kein Grund vorhanden, sagte Black, daß dies in den darauf folgenden 22 Minuten der Verdampfung nicht dasselbe geblieben sei, also mußte der Dampf während dieser Zeit 22 mal 24°, das sind 528° Wärme verschluckt haben. Dieser Versuch gab aber nicht immer so genaue Resultate als der vorige, und er veranlaßte daher seinen Freund James Watt, den genialen Erfinder unserer heutigen Dampfmaschine, die Sache auf seine Weise näher zu prüfen. Dieser machte sich sogleich an die Arbeit und fand, „daß der Wärmestoff, welcher aus den Dämpfen bei ihrer Zurückführung in tropfbar flüssiges Wasser, eine gleiche Menge Wasser von Eiskälte bis auf 950° Fahrenheit erheben könnte, oder was auf eins herauskomme, die Temperatur einer 950 mal größern Wassermenge um 1° F. zu erhöhen im Stande sei.“ Da nun 950° Fahrenheit eben so viel ist als $527\frac{7}{9}$° Celsius, so stimmen die Resultate ziemlich genau mit einander überein. Watt brachte eine genau abgewogene

Menge Wasser zum Sieden, während die Dämpfe vermittelst einer Röhre in eine gleiche Menge kalten Wassers geleitet wurden, so daß aus dem Grade der Erwärmung das letztere durch Dampfniederschläge zurückgeschlossen werden konnte auf die dem Dampfe innewohnende latente Wärme. Er interessirte sich seitdem sehr lebhaft für diesen Gegenstand und wußte ihn sowol bei der Dampfmaschine als bei der Dampfheizung, Dampfkochkunst und Dampfwäsche praktisch zu verwerthen. Seine Forschungen führten ihn auch zu dem wissenschaftlich wichtigen Naturgesetz, daß das Wasser nicht blos in der Siedhitze, sondern bei jeder Temperatur verdampfe, und daß die latente Wärme der Dämpfe verschiedener Grade allerdings verschieden wäre, daß sie aber zu einer ganz constanten Zahl führe, so oft ihre Grade mit denen der Dampftemperatur zu einer Summe vereinigt würden. Diese Zahl sei 650° C. Besitzt z. B. der Dampf, welcher von der Oberfläche eines bis zu 50° erwärmten Wassers sich bildet 50° Wärme, so sind in ihm noch 600° Wärme unwahrnehmbar versteckt, und diese kommen erst bei seiner Verdichtung zu tropfbarem Wasser wieder zum Vorschein. Hiernach müßte die latente Wärme und mithin der Dampf selbst das Ende erreicht haben, sobald die Erhitzung über 650° C. getrieben wäre. Den berühmten Leidenfrostschen Versuch, wobei ein Wassertropfen auf starkerhitzte Metallplatten gebracht, nicht wahrnehmbar verdampft, sondern wie Queckſilber kugelrund umherrollt, glaubte man hierdurch erklären zu können, Boutigny hat aber gefunden, daß dieser sphäroidale Aggregatzustand ein allgemeiner sei und daß derselbe bei Wasser schon eintrete, wenn die Unterlage bis 171° C erhitzt worden ist, ja unter günstigen Umständen schon bei 142° C. Regnault hat das Watt'sche Gesetz einer nochmaligen sorgfältigen Prüfung unterworfen und gefunden, daß nur annäherungsweise die Summe der latenten und freien Wärme eine constante Zahl ausmache, übrigens bleibe aber wahr, daß die latente Wärme im Dampfe um so weniger betrage, je höher derselbe erhitzt sei. Man sieht übrigens gerade aus diesen Untersuchungen, daß die Sache noch nicht bis zum Schluß erforscht worden ist. Für unsere Zwecke werden wir uns füglich mit dem Watt'schen Gesetze zufrieden stellen können.

Bei dem hier besprochenen Gegenstande dürfte es vielleicht manchem meiner Leser aufgefallen sein, daß auch von der Dampfbildung des Wassers die Rede war; welches noch nicht die Hitze des Siedens erreicht hat. Die Sache verhält sich in der That so, und ich füge sogar noch hinzu, daß selbst Eis und eiskaltes Wasser noch Wasserdampf aushaucht und hoffe dasselbe mit wenigen Worten beweisen zu können. Jeder weiß, daß das in offenen Gefäßen der Luft ausgesetzte Wasser allmählich verfliegt, daß die kalte, naß aufgehängte Wäsche nach und nach trocken wird, und fragt man, wie das zugehe, so ist die Antwort keine andere, als daß hierbei das Wasser luftförmig oder zu Dampf geworden ist. Und bei den thätigen guten Hausfrauen steht schon längst der Erfahrungssatz fest, daß selbst mitten im Winter hart und steif gefrorene Wäsche in kalter freier Luft zuletzt ganz trocken werden kann. Der Landmann weiß, daß Schnee und Eis selbst bei andauernd trockner Winterkälte von den Feldern verfliegen.

Es fehlt uns also nicht an Gelegenheit, den Satz bewahrheitet zu sehen, daß das Wasser bei jeder Temperatur verdampft, das heißt, die Eigenschaft besitzt, luftförmig zu werden. Das von der Luft getragene Wasser ist Wasserdampf; man hat aber im gewöhnlichen Leben und selbst auch in der Wissenschaft einen Unterschied in der Benennung gemacht; hiernach versteht man unter Dampf nur das luftförmig gewordene Wasser, welches in der Siedhitze dem Wasser entsteigt, während der Dampf niederer Temperatur Dunst genannt wird. Dem innern Wesen nach ist also kein Unterschied zwischen Dampf und Dunst. Einige wollen den in der Luft durch Verdichtung sichtbar werdenden Dampf Wasserdunst nennen, welcher der Nebel- und Wolkenbildung voranzugehen pflegt. Andere verstehen noch was Anderes darunter, daher bleiben wir ruhig bei unserer Begriffsfeststellung und Benennung. Uebrigens wollen wir hier nur noch bemerken, daß bei dem Sieden des Wassers die Dampfbildung nicht blos an der Oberfläche, sondern durch die ganze Flüssigkeit hindurch vor sich geht, während dieselbe bei jeder niederen Temperatur nur an der Oberfläche des betreffenden Wassers stattfindet. Die Elasticität der Dämpfe des im offenen Gefäß siedenden Wassers ist gerade so groß als der Druck einer Atmosphäre, das heißt, sie ist im Stande gerade wie die atmosphärische Luft einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht zu halten. Mit der Abnahme der Temperatur nimmt aber die Elasticität der Dämpfe sehr rasch ab, so daß sie bei 65° C. nur noch $\frac{1}{4}$ so groß als die bei der Siedhitze ist; bei 0° beträgt sie nur noch $\frac{1}{211}$ von dem Druck der Atmosphäre, also $\frac{1}{8}$ Zoll der Quecksilbersäule des Barometers.

Sehr wichtig ist ferner die Eigenschaft unserer Atmosphäre, Wasser im luftförmigen Zustande in sich aufzunehmen und unsichtbar zu tragen. Sie kann bei jeder Temperatur diese Thätigkeit entwickeln, aber immer nur eine genau gemessene Menge tragen, welche um so größer ist, je höher ihre Wärme gesteigert worden. Besitzt sie gerade so viel Luftwasser, als sie nach diesem Naturgesetz tragen kann, so heißt sie gesättigt. Würde sie in diesem Zustande mehr erwärmt, so könnte sie auf's Neue noch mehr Luftwasser in sich aufnehmen; würde sie dagegen von jenem Zustande ab mehr abgekühlt, so müßte sie einen Theil ihres Wasserdampfes in tropfbar flüssigem Wasser ausscheiden und es entstehen dann Wolken, Nebel, Thau, wovon wir später noch ausführlicher reden werden. Es ist ein in neuerer Zeit der Erfahrung entnommenes Naturgesetz: wenn verschiedene, nicht chemisch in einander übergehende Luftarten in denselben Raum gebracht werden, daß sie sich dann nicht nach ihrem specifischen Gewichte über und unter einander schichten, sondern daß sich jede durch den ganzen Raum verbreitet, als wenn derselbe nur für sie allein bestimmt ganz leer wäre. Dieses von Bertholet zuerst bewahrheitete Naturgesetz heißt die Diffusion der Gase und dasselbe gilt auch ganz genau mit für die von der Luft aufgenommenen Wasserdämpfe.

Nach dem Ebengesagten erklärt es sich nun leicht, warum im Winter die

Fenster der warmen Stube mit Dunstwasser beschlagen; denn wenn die erwärmte Luft im Zimmer an die kalten Fensterscheiben kommt, so wird sie abgekühlt und verliert dadurch auch an Kraft, Wasserdampf in sich festzuhalten. Das Trocknen der Wäsche muß nach demselben Grundsatze bei bewegter trockner Luft merklich besser vor sich gehen als bei windstillem, feuchten mit Regen drohendem Wetter. Der Beschlag der in die warme Stube gebrachten kalten Gläser, Löffel, Messer, Gabeln erklärt sich wie das Feuchtwerden der Fensterscheiben. Die Luft, welche Menschen und Thiere ausathmen, ist auch immer stark mit Wasserdunst gesättigt, welches wir leicht daraus erkennen, daß kalte Spiegel, Metalle, polirte Möbel und andere Gegenstände anlaufen, sobald wir darauf hauchen. Ist die äußere Luft recht kalt, so wird der Hauch auch dadurch sichtbar, daß er theilweise zu tropfbarem Wasser niedergeschlagen wird; im Winter sieht man aus den Thüren und Luken der Ställe, in denen viel Vieh beisammen steht, den durch Abkühlung sichtbar werdenden Wasserdunst wie Rauch zum Vorschein kommen. Das wolkenartige Gebilde, welches dem Schornstein und den Ventilen der Lokomotive entsteigt, ist nichts Anders als Dampf, welcher sichtbar wird durch das plötzliche Abkühlen und Anhäufen in der verhältnißmäßig immer viel kälteren Luft. Im gewöhnlichen Leben pflegt man gerade diese sichtbar werdenden Niederschläge Dampf zu nennen, das ist nun ganz gut, nur muß man dann nicht vergessen oder überrascht sein, daß der eigentliche Dampf, nämlich das luftförmig gewordene Wasser, gerade wie die Luft selbst unsichtbar ist. Bei starker Winterkälte gefriert der zu tropfbarem feinvertheilten Wasser niedergeschlagene Wasserdampf und bildet die schönen Winterblumen an den gefrorenen Fensterscheiben, den Reif an dem Barte der Männer, an den Zweigen der Bäume. Wenn im Winter nach anhaltender strenger Kälte plötzlich Thauwetter eintritt, so überziehen sich die äußeren Oberflächen der Häuser, Mauern, Bäume, Straßen, überhaupt alle der freien kalten Luft ausgesetzt gewesenen Gegenstände mit einer Eiskruste von Glatteis, und man sagt dann wohl davon, „die Kälte schlägt aus.“ Nach andauernder Kälte nehmen Stein, Holz, Erde so wie Alles, was sich länger im Freien befand, die Lufttemperatur an, welche oft mehrere Grade unter dem Gefrierpunkt steht. Denken wir uns nun, daß die kalte Luft plötzlich durch die viel wärmere Thauluft verdrängt wird, so trägt diese mehr als die vorhergehende kalte unsichtbaren Wasserdampf in sich, dem aber in der Berührung mit den kalten Gegenständen ein Theil der Wärme entzogen wird, woher es denn kommt, daß er in demselben Maße auch einen Theil seines Dampfgehaltes zu Wasser werden lassen muß, und wenn dann die kalten Gegenstände noch Frostkälte besitzen, so verwandeln sie das ausgeschiedene Luftwasser in Eis.

Der Wasserdampf besitzt sehr viele Eigenschaften, welche ihn praktisch wichtig gemacht haben. Beim Destilliren des Wassers leitet man die Dämpfe desselben durch fortwährend kalt gehaltene Röhren in eben solche Vorlagen, damit er wieder in den tropfbar flüssigen Zustand zurückkehrt. Das sogewonnene Wasser ist frei von allen, dem Fluß- und Quellwasser beigemischten Erden,

Salzen und andern nicht flüchtigen fremdartigen Bestandtheilen; es ist das, was die Mediziner und Chemiker reines Wasser nennen. Das frischgefallene Regenwasser ist gewöhnlich eben so rein, es hat auch den Prozeß der Destillation durchgemacht nur in einem viel großartigeren Maßstabe; die Natur weiß auf diesem Wege sogar das Meerwasser rein darzustellen, was bis jetzt dem Chemiker noch nicht vollständig geglückt ist. Die durch das tropfbare Niederschlagen der Wasserdämpfe frei werdende latente Wärme ist, wie wir eben schon gesehen haben, sehr bedeutend, und man hat es auch nicht unterlassen, dieselbe zum Kochen und Heizen praktisch zu verwerthen; besonders werden damit Räume geheizt, welche zum Trocknen des Schießpulvers, Malzes, Papiers, Obstes und der Kräuter bestimmt sind. So hat sich sogar ein neues Sprichwort gebildet, daß alles, was schnell und gut gearbeitet werden soll, mit Dampf getrieben werden muß.

Wenn Wasser in Dampf verwandelt wird, so verbraucht dasselbe immer eine namhafte Wärme, um in diesen neuen Zustand zu kommen und sich darin zu erhalten, es wird Wärme latent. Dadurch erklären sich nun manche sehr überraschende Naturerscheinungen. In Spanien, Italien und Aegypten thut man das Trinkwasser in poröse Thongefäße, Alkarazzas, um dasselbe kalt und frisch zu erhalten; das beständig durchsickernde Wasser verdunstet an der Oberfläche der Behälter auf Kosten ihrer Wärme. In den heißen Sommertagen besprengt man die Zimmer mit Wasser, um durch seine Verdunstung Kühle zu bewirken. Die Weinflaschen werden in nasse Tücher geschlagen und in der Luft umhergeschwenkt, damit die hierdurch beförderte Verdunstung einen Theil der Wärme des Weins verzehrt und ihn angenehm kühl macht. Will man im Freien wissen, wo der Wind herkommt, so hält man den feuchten Finger empor und entscheidet nach dem Gefühl der stärkern Kälte; denn da, wo der Luftzug auf den Finger trifft, ist der Verdunstungsprozeß, also auch der Verbrauch an Wärme am lebhaftesten. An unfreundlichen windigen Sommertagen empfindet der im Freien Badende die Temperatur unter Wasser gewöhnlich behaglicher als außer demselben, weil dort der Wärmeverlust durch Verdunstung nicht so stark auf den Körper einwirken kann als hier. Heiße Speisen kühlen wir durch Pusten ab, weil wir so die Verdunstung beschleunigen. Der heiße Brei wird am Rande des Tellers oder von seiner dampfenden Oberfläche dünn abgehoben genossen, weil auch hier die Abkühlung durch die lebhaftere Verdunstung am merklichsten vor sich geht. Umhüllt man die Kugel eines Thermometers mit einem naßgemachten Leinwandläppchen und bläst vermittelst des Blasebalgs die Luft darüber hinweg, so sinkt es um mehrere Grade auf Kosten der beschleunigten Verdunstung. Noch rascher und tiefer fällt hier der Wärmestand, wenn man die Umhüllung mit Weingeist oder gar mit Schwefeläther angefüllt hat, weil diese Flüssigkeiten viel schneller als Wasser verdampfen. Füllt man eine leere Thermometerkugel mit etwas Wasser, hüllt dieselbe in Baumwolle, beträpfelt diese mit Schwefeläther und schwingt sie einige Augenblicke rasch in der Luft umher, so ist die Abkühlung so stark, daß der innere Wassertropfen zu Eis erstarrt. Auf diese Weise kann man mitten im Sommer

Wasser zum Gefrieren bringen. Da die Verdunstung am lebhaftesten im luftleeren Raume vor sich geht, so bringt man die Vorrichtung unter den Recipienten der Luftpumpe und bewirkt das Gefrieren dann noch sicherer durch rasches Entfernen der Luft. In Indien und anderen von Europäern bewohnten heißen Ländern treibt man diese Art des Eisbildens fabrikmäßig im Großen mit Hülfe der Dampfmaschinen. Faraday hat durch den Verdunstungsprozeß Kältegrade entwickelt, welche die ganze Welt in Staunen versetzten. Er wählte statt Schwefeläther tropfbar flüssig gemachte Gase, welche noch viel schneller verdunsten. Nahm er z. B. flüssige Kohlensäure, so konnte er damit bei rascher Verdunstung im luftleeren Raume eine Kälte von 80° C. unter Null hervorbringen, welche nicht blos Quecksilber, sondern sogar absoluten Alkohol zum Gefrieren brachte, wenigstens war der letztere dadurch doch zähflüssig wie fette Oele bei niedriger Temperatur. Von den großen Naturphänomen, welche der Verdunstungsprozeß in der Atmosphäre zu Stande bringt, werden wir später noch besonders handeln. Das hier Mitgetheilte dient dazu als Vorbereitung.

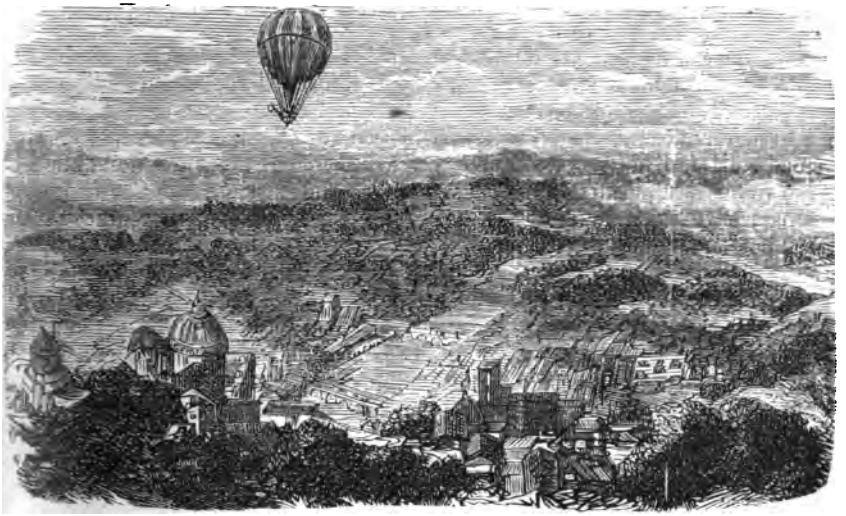
Die Ansicht der Alten, daß sich Wasser in Luft und diese wieder in jenes umwandeln könne, ist sehr hartnäckig beibehalten und vertheidigt worden. Der jetzt errungene Sieg hat einen langen wissenschaftlichen Krieg gekostet, um so dankbarer müssen wir aber dabei auf unsere großen Vorkämpfer Humboldt, Gay-Lussac, Arago, Dalton, Wells und Dove blicken, denen es endlich gelang, einen Frieden zu Stande zu bringen, der allen Parteien erwünscht war und der unserer Wissenschaft eine glückliche ungestörte Zukunft sicherte.

Nach wissenschaftlich angestellten Versuchen verdunstet das Wasser im luftleeren Raume unter jeder Temperatur und nimmt dabei jedesmal eine, dieser Temperatur genau entsprechende Dichtigkeit und Spannung an. In dem mit wasserfreier Luft erfüllten Raume bleibt im Ganzen genommen dasselbe Gesetz; das Wasser verdunstet hierin wie in einem luftleeren Raume, nur wird der Prozeß der Verdunstung durch die Gegenwart der Luft verlangsamt. Ist dagegen diese Luft auch nicht mehr frei von Wasserdunst, so geht das Verdunsten des Wassers nur so lange vor sich, bis sie ganz gesättigt worden ist. Das Verdunsten des Wassers muß endlich gar nicht mehr stattfinden können, wenn über ihm Luft steht, die schon ganz so viel Wasserdunst in sich enthält, als sie möglicherweise tragen kann. Das sind die berühmten Erfahrungsgrundsätze, worauf Dalton weiter gebaut hat zur Erklärung der großen atmosphärischen Wassererscheinungen. Er sagt, die Stärke der Wasserverdunstung im Freien, oder die Menge der in einer bestimmten Zeit von der Luft aufgenommenen Wasserdünste wird um so größer, je ausgedehnter die Oberfläche des verdunstenden Wassers ist; denn es sei erfahrungsmäßig nachgewiesen, daß erst sich das Wasser durch sein ganzes Volumen hindurch sich in Dampf auflöse, alles niedriger erwärmte aber nur von seiner obersten Fläche verdunste. Dann sagt er, daß bei übrigens gleichen Umständen der Verdunstungsprozeß des Wassers um so lebhafter vor sich gehe, je häufiger die über der Oberfläche des Wassers befindliche Luft wechsele; weil dadurch immer neue und neue Veranlassung käme,

der Luft Dampf abzugeben, welche bei Windstille gerade nur so lange dauern könne, bis die Luft mit Dampf gesättigt sei. Ferner, sagt er, ist der Verdunstungsprozeß unter übrigens gleichen Umständen gerade in dem Maße lebhafter und größer, als die über dem betreffenden Wasser befindliche Luft noch weit entfernt ist von dem Zustande vollkommener Sättigung, denn seine Versuche hätten ihn gelehrt, daß die Luft sich um so langsamer mit Wasserdampf sättigen lasse, je näher sie schon dem Grade ihrer vollen Sättigung stände. Daraus folgt nun schon, daß die Luft über dem Meere verhältnißmäßig immer am feuchtesten sein muß, daß die über See einem Lande zugeführten Winde mehr Luftwasser herbeiführen als die, welche ihren Weg über große wasserarme Länderstrecken haben nehmen müssen. So weiß man z. B. in Frankreich, daß vorzugsweise die über See kommenden Süd-, Südwest- und Westwinde Wolken, Regen, Schnee und Thau bringen, während in Aegypten gerade das Gegentheil der Fall ist.

Man hat sehr viel daran gedacht, Instrumente zu construiren, womit die Quantität der Verdunstung in einer bestimmten Zeit schnell und sicher auf Zahlen gebracht werden könnte, ist aber bis jetzt noch nicht recht glücklich gewesen. Die dazu benutzten Apparate führen den Namen Atmometer und kommen alle darin überein, daß sie aus einem mit Wasser gefüllten Gefäß bestehen, wobei der auf irgend eine Zeit bezogene Verlust an Dunstwasser entweder durch das Gewicht oder durch eine Skala bestimmt wird. Wissenschaftlichen Gewinn haben wir aber davon noch sehr wenig aufzuweisen.

Auch über den entgegengesetzten Prozeß sind nach Dalton's Grundprinzipien schon wichtige Folgerungen zu ziehen. Der Austritt des Wassers aus der Luft wird um so eher erfolgen, je mehr dieselbe gesättigt in einen niederen Temperaturzustand gebracht wird; denn je niedriger der Wärmestand der Luft, um so weniger ist sie befähigt Wasserdunst zu tragen. Bei plötzlicher Zunahme des Luftdrucks ereignet sich gerade das, was bei der Verkleinerung des mit Dampf erfüllten Raumes wahrnehmbar wird, daß nämlich in eben dem Maße der Dampf sich zu tropfbarem Wasser verdichtet, als er in einen kleinern Raum gepreßt wird. Denken wir dagegen den Luftdruck plötzlich vermindert, so dehnt sich die Luft eben so rasch mehr aus, womit aber bekanntlich jedesmal eben so schnell eine Temperaturerniedrigung in Verbindung steht. Folglich kann eben so gut ein rasches Steigen als Fallen des Queckſilbers im Barometer zur plötzlichen Wolken- und Regenbildung beitragen.



VI.

Die Erscheinungen des Wassergehalts im Luftkreise als Fortsetzung des vorhergehenden Abschnittes.

Thau. Bläschentheorie. Begleitende Umstände seines Auftretens. Wells Versuche und Theorie. Menge des Thaues. Feuchte Nebel. Kämtz's und Davy's Beobachtungen. Trockene Nebel, Höhenrauch. Wolken. Ursache ihres Entstehens. Wolkenformen. Höhe und Größe der Wolken.

Nach der voraufgeschickten allgemeinen Vorbereitung richten wir nun speciell unsere Aufmerksamkeit auf diejenigen bezüglichen Luftphänomen, welche die Ausscheidung des atmosphärischen Wassers zur Folge haben.

Die aus der Luft ausgeschiedenen Wasserdünste sind tropfbares Wasser, aber in einer außerordentlich feinen Vertheilung, so daß sie noch von der Luft getragen werden. Sie können nicht sogleich niedersinken, weil sie zu klein sind, den Widerstand der Luft zu überwinden. Es ist nämlich aus mathematischen Gründen der Widerstand der Luft um so größer, je kleiner bei derselben Form die Masse des fallenden Körpers ist, weil mit der Abnahme der Körper ihre Oberfläche, welche doch eigentlich den Widerstand bewirkt, in merklich langsamern Verhältniß abnimmt. Ist z. B. ein feines Hagelkorn 125 mal leichter als eine Bleikugel, so ist seine Oberfläche doch nur 22 mal geringer als die der Kugel. Außerdem weiß man aus Erfahrung, daß fast immer ein senkrecht emporstrebender Luftstrom vorhanden ist, welcher die an der Oberfläche der Erde stärker erwärmte Luftschicht zu höheren Regionen emporführt, und ein solcher Strom

steht dem Herabfallen der anfangs ausgeschiedenen Wassertheilchen ebenfalls entgegen. Endlich wird auch die mit ausgeschiedenem Wasserdunst erfüllte Luft weniger durchsichtig, als die davon freie, klare, wodurch natürlich mehr Licht und Wärme der Sonne verschluckt wird, folglich würden die anfangs ausgeschiedenen Wasserkügelchen unter dem Einflusse verstärkter Wärme stehen, wozu auch noch das Freiwerden latenter Wärme während des Ausscheidungsprozesses kommt; vermehrte Wärme vermindert aber das spezifische Gewicht und regt neue Verdunstung an. Man sieht also, es fehlt nicht an Gründen, welche dafür sprechen, daß ausgeschiedenes Wasser sich längere Zeit schwebend in der Luft erhalten kann, ohne gleich zu Boden zu fallen. Indeß fällt die Nothwendigkeit zum Aufsuchen aller dieser Ursachen ganz von selbst hinweg, sobald wir nur annehmen, daß sich der Wasserdampf immer in Form kleiner Bläschen in der Luft befinde und daß die erste Ausscheidung nur zum Verdichten und Verdicken der Hülle dieser Bläschen beiträgt. Diese Bläschentheorie hat ihre Anhänger, aber auch ihre Widersacher, und zu den letzteren gehört vorzüglich Dalton.

Wir betrachten zunächst die Entstehung des Thaues. Fragen wir die Männer, welche viel im Freien verkehren und den denkenden Blick auf den Gang der sie umgebenden Natur gerichtet, sich gründliche Erfahrung eingesammelt haben, zu welchen Wahrnehmungen sie in Betreff des genannten Phänomens gekommen sind, so kommen sie Alle darin mit einander überein, daß der reichste Thau nur in heiteren wolkenlosen Nächten fällt, daß dagegen nie an Thaubildung zu denken ist, wenn es bei stark bedecktem Himmel zugleich sehr windig ist; daß ferner ein bezogener Nachthimmel bei windstillem Wetter, oder ein wolkenloser Himmel bei windiger Luft auch wol etwas Thau blicken läßt, aber im Vergleich zu dem erst erwähnten günstigen Falle doch immer nur wenig. Es fehlt nicht an Beispielen, berichten die Männer der Erfahrung, wo eine bereits begonnene Thaubildung nicht blos aufhörte, sondern ihre Wirkung auch rasch ganz verschwunden war, sobald sich der Himmel mit Wolken überzog oder ein starker Wind einfiel. Ferner trage auch eine gewisse wasserreiche Luft wesentlich zur Begünstigung der Thaubildung bei; habe es z. B. kurz zuvor geregnet und es folge darauf eine heitere windstille kühle Nacht, so entwickele sich merklich mehr Thau, als wenn längere Zeit Dürre vorhergegangen sei. Dasselbe gelte auch von der Richtung der Winde, so daß leise Seewinde den Thauprozeß mehr befördern als eben solche Landwinde. Auch hätten sie gefunden, daß unter übrigens günstigen Umständen die Thaubildung um so besser vor sich gehe, je stärker der Unterschied zwischen der Nachtkälte im Vergleich zu der vorhergehenden Tageswärme, daß wenn schon im Allgemeinen die Thaubildung nach Mitternacht am reichhaltigsten ausfalle, sie dennoch schon am Nachmittage zwischen 3 und 4 Uhr beginnen könne, besonders da, wo dann die sinkende Sonne gar keinen Zutritt mehr habe, wo nach vorhergegangenem Sonnenschein sich sehr dichter Schatten einstelle. Auch lehre die Erfahrung, daß die Gegenstände mit rauher Oberfläche mehr Thau ansetzen als die mit glatter, daß Metalle unter allen Stoffen verhältnißmäßig am wenigsten Thau zeigen.

Alle diese Erfahrungssätze suchte nun der Engländer Wells durch selbständige Beobachtung und Versuche zu bewahrheiten und auf die Ursachen zurückzuführen. Er nahm zwei ganz gleiche aus Baumwolle locker geformte Ballen von 2 Zoll Durchmesser und 10 Gran Gewicht, welche Tags zuvor unter demselben Einflusse des Wetters gestanden hatten, legte gegen Abend die eine lose auf die Mitte eines mit Oelfarbe angestrichenen Bretes, welches etwa 3 Fuß hoch von vier dünnen Stäben in horizontaler Lage erhalten wurde, 4½ Fuß lang, 2 Fuß breit und 1 Zoll dick war, während er die andere unterwärts auch in der Mitte des Bretes so befestigte, daß sie dasselbe berührte ohne gepreßt zu werden. Beide Ballen waren also nur um die Bretdicke von einander entfernt und blieben in dieser Lage während der nachfolgenden Nacht. Sie waren scheinbar demselben Einflusse der Luft ausgesetzt, aber dennoch hatte die Thaubildung sehr verschieden darauf eingewirkt. Die obere Flocke wog des andern Morgens 24 Gran, während die untere nur 14 Gran wog, dort war also in einer Nacht 14 Gran Feuchtigkeit eingesogen, hier nur 4 Gran. In einer zweiten Nacht besaß die obere Flocke 19 Gran die untere 6 Gran Uebergewicht; in einer dritten war das Verhältniß von 11 zu 2; in einer vierten von 20 zu 4. Hing er die untere Flocke an einem Faden auf, so sammelte sich je nach der Länge desselben mehr Feuchtigkeit in der Baumwolle an, aber sie nahm doch nie so viel Thau in sich auf als die obere auf dem Brete, selbst wenn sie auf dem Grase des Bodens lag. Diesen Versuchen konnte die Regel entnommen werden, daß der Thau vielleicht ähnlich wie der Regen senkrecht aus den Wolken herabfalle, weil dadurch die Flocke unter dem Brete nicht so gut davon getroffen werde als die auf demselben. Hiergegen läßt sich aber bemerken, daß es dann nicht gut zu erklären sei, warum die untere Flocke denn überhaupt noch Feuchtigkeit habe annehmen können. Wells ruhte deshalb noch nicht in der genauern Erforschung der Ursache. Er nahm einen an beiden Enden offenen gebrannten Thoncylinder von 1 Fuß Weite und 3 Fuß Höhe, legte die eine Flocke auf das Gras und stellte den offenen Cylinder darüber, so daß sie von oben gesehen genau in der Mitte auf dem Boden lag; eine zweite immer ganz gleiche Flocke legte er einige Schritte von dem Cylinder entfernt ganz frei auf den Rasenboden. Am andern Morgen hatte die frei gelegene Flocke 16 Gran Thaufeuchtigkeit aufgenommen, während die im Thoncylinder nur 2 Gran davon enthielt. Die Luft war sehr ruhig und der Himmel wolkenfrei und heiter gewesen. Wenn also der Thau wie der Regen senkrecht herabfalle, sagt Wells, so sei kein Grund vorhanden, warum die Flocke im Freien so sehr viel mehr Thau aufgenommen habe als die im offenen Cylinder. Die Thaubildung unterscheidet sich daher hiernach schon wesentlich vom Regenfall. Oft brachte er die beiden gleichen Flocken unter gleichen Umständen verschieden hoch auf gleiche Breter, da war jedesmal die tiefere reicher mit Thau angefüllt als die höher gelegene. Die auf 3 Fuß hohem Brete gelegene Baumwolle wog z. B. 20 Gran mehr an Feuchtigkeit, die auf einem 4½ Fuß hohen Brete gelegene nur 11 Gran mehr an Feuchtigkeit als die trockene.

Bei den Versuchen mit verschiedenen Stoffen stellte sich im Allgemeinen als Regel heraus, daß schlechte Wärmeleiter gute Thaubilder seien, daß aber unter diesen immer noch ein wesentlicher Unterschied vorkomme. So wäre ungesponnene Baumwolle besser als gesponnene, und Baumwolle überhaupt besser als Schafwolle. Die Baumwolle werde aber noch übertroffen von der Flaumfeder und unter den Flaumfedern seien diejenigen des Schwans die besten Thaubilder.

Wells brachte nun auch recht empfindliche und genau harmonirende Wärmemesser mit ins Spiel. Er legte Abends an den Tagen, welche eine günstige nächtliche Thaubildung mit großer Wahrscheinlichkeit erwarten ließen, einige seiner Thermometer auf den abgemäheten Rasenboden, während er die anderen 3 bis 4 Fuß hoch frei in der Luft aufhing. Da zeigte sich denn die höchst überraschende Wahrnehmung, daß die flach auf dem Boden liegenden Thermometer bei wolkenlosen stillen Nächten oft 4, 5, 6, ja einmal sogar $7\frac{1}{2}^0$ C. niedrigere Temperatur angaben, als die in der Luft aufgehängten. Woher konnte das kommen? Wells erkannte hierin sogleich den Kernpunkt seiner ganzen Untersuchung. Er setzte daher seine Versuche sehr eifrig fort und sie führten immer zu demselben merkwürdigen Resultate. Der Unterschied der Temperatur zwischen den am Boden liegenden und in derjenigen Luft hängenden Thermometern war übrigens bei günstigem Himmel sogleich merklich, so wie der betreffende Rasenplatz in Schatten gelegt war und die Thaubildung ihren Anfang genommen hatte. War die Nacht windig und der Himmel dicht mit Wolken überzogen, so zeigte sich der Temperaturunterschied gar nicht, und traten bei vorhergehendem günstigen Thauanfange Wolken vor den klaren Himmel, so stieg die Temperatur des Rasens sogleich merklich und stellte sich der der Luft gleich. Eine einzige Wolke, welche einst nur wenige Minuten im Zenith verweilte, konnte den Temperaturunterschied schon ausgleichen. Ueberhaupt fielen jedesmal da die Thermometer alle verhältnißmäßig am tiefsten, wo die meiste Thaubildung Statt fand. Brachte er in die auf und unter das oben beschriebene horizontale Brett gelegten Baumwollenballen einen Thermometer, so sank das obere immer, oft sogar um volle 5^0 C. tiefer als das untere. Die auf der Erde liegenden Metallspiegel zeigten keinen sehr starken Wärmeunterschied, er betrug höchstens 1 bis 2^0 C. Brachte er aber das Thermometer in einen kleinen Ballen von Schwanenflaumen, so fand er einst, wo die Umstände zur Thaubildung sehr günstig waren, daß dasselbe um volle 8^0 C. tiefer stand, als das in gleicher Höhe frei der Luft ausgesetzte. Dann zeigte sich auch der Schnee als ein sehr guter Thaubilder. Wells fand den Temperaturunterschied in heiteren Winternächten zwischen der nächtlichen niedrigsten Wärme des Schnees und der Luft einst sogar 5^0 C. Und Wilson beobachtete einst sogar eine Differenz von beinahe 9^0 C.

Fortgesetzte Versuche belehrten den scharfsinnig prüfenden Wells auch, daß das starke Ablühlen der betreffenden Gegenstände in den tieferen Luftregionen gewöhnlich noch vor dem eigentlichen Thauprozesse eintrete. Denn einst bei trocknem, heitern, windstillen Wetter hatte er in eine auf das erhöhete Bret gelegte Baumwollenflocke von 6 Gran Gewicht die Thermometerkugel gesteckt und

in kurzer Zeit gefunden, daß dies Thermometer $7\frac{1}{10}^{0}$ C. niedriger stand als das in freier Luft aufgehängte; als er nun aber die Flocke wog, so zeigte sie kaum $\frac{1}{4}$ Gran Gewichtszunahme. Gleiche Flocken, welche den ganzen Thauprozeß durchgemacht hatten, wogen 18 bis 20 Gran mehr. Daraus schloß nun Wells, daß das starke Abkühlen nicht Folge, sondern Ursache der Thaubildung sei.

Nach den vielfachen Versuchen, welche wir hier nur in den Hauptzügen zur Sprache gebracht haben, kam Wells zuletzt zu einer Theorie, welche von der ganzen Welt bewundert wurde. Sie war das Resultat eines Scharfsinns, wie er bisher noch nicht erlebt war. Wir fassen sie so zusammen.

Die von der Sonne erwärmte Oberfläche der Erde verliert am Abend dem heitern Himmel gegenüber rascher einen Theil ihrer Wärme durch Ausstrahlung als die Luft, und als das schlechte Wärmeleitungsvermögen der Luft und der unter ihr gelegenen Erdschichten neuen Wärmeersatz gewähren kann. Kommt nun die Luft mit diesen stärker abgekühlten Gegenständen in Berührung, so scheidet sie auf ganz ähnliche Weise einen Theil ihres innewohnenden Wasserdunstes aus, wie die warme Stubenluft des Winters die ins Zimmer gebrachten kalten Gläser und andere Gegenstände mit Dunst beschlagen läßt. Doch hören wir ihn selbst. „Während der heiteren ruhigen Nächte strahlen die oberen Spitzen des Grases ihren innewohnenden Wärmestoff gegen den leeren Himmel aus, ohne dafür einen Ersatz zu erlangen. Die unteren Theile des Grases, welche schlechte Wärmeleiter sind, können ihm nur einen sehr kleinen Theil der Bodenwärme zuführen. Da übrigens ihnen von der Atmosphäre auch nur ein sehr geringer Wärmezufluß kommen kann, so müssen sie bald unter der Temperatur der Atmosphäre zurückbleiben und die darin aufgelösten Dünste condensiren, sobald dieselben so reichlich vorhanden sind, daß der von dem Grase erlittene Wärmeverlust in dieser Rücksicht schon in Betracht kommt."

Diese Theorie bildet zugleich den Schlüssel zu einer großen Reihe von Naturerscheinungen, welche vorher ganz unlösbare Probleme waren. Das Ueberdecken der jungen Pflanzen mit Fenstern, Matten, Stroh- und Strauchwerk um dieselben vor den Nachtfrösten zu schützen, hat seinen ganz natürlichen Grund darin, den Akt der Wärmestrahlung nach dem offenen Himmel hin zu verhindern. Wenn man früher die alte Sitte der Landwirthe und Gärtner belächelte, daß ein in der Nähe eines Feldes angezündetes Nachtfeuer die zarten Gewächse vor Frostkälte schützen sollte, weil man die Abwehr mit der Ohnmacht des Feuers in Vergleich brachte, so schweigt man jetzt ganz still und respectirt die Sitte; denn es ist vorzugsweise der vom Feuerplatze das Feld mit Rauch überziehenden Decke, welche wie der Wolkenhimmel Schutz gewährt vor zu nachtheiliger Wärmeausstrahlung. Wie geht es aber zu, daß der Thauproceß unter den Fenstern der verschlossenen Mistbeete so auffallend stark ist? Die nächtliche Abkühlung ergreift zunächst und am stärksten die dünnen Fensterscheiben des Mistbeetes, sie scheiden daher auch aus der von Innen dagegen emporsteigenden warmen Luft in eben dem Maße auch viel Feuchtigkeit aus, auch wird die innere abgesperrte Luft viel rascher als die freie Luft mit der verdunsteten Feuchtigkeit übersättigt.

Die auffallend starke Wärme, welche sich bei dem Oeffnen des Beetes zeigt, rührt wol hauptsächlich von dem Verwesungsprozesse des untergeschichteten Pferdemistes her, indeß hat doch auch die während der Dampfniederschläge frei werdende latente Wärme ihren nicht unwesentlichen Antheil daran. Daß Metalle schlechte Thaubilder sind, liegt in ihrer Eigenschaft, durch und durch gute Wärmeleiter zu sein. Legt man sie auf Holz, Stroh oder irgend einen andern schlechten Wärmeleiter, so zeigen sie schon Spuren von Thau. Besonders hat sich dies von Platin gezeigt; man weiß aber auch, daß gerade Platin unter allen Metallen der schlechteste Wärmeleiter ist. Wells hing einst einen Metallspiegel an Schnüren auf, so daß er parallel mit dem Boden frei in der Luft schwebte. Ueber Nacht kam ein vortrefflicher Thau, und in kurzer Zeit zeigte sich auch ein feiner feuchter Thauüberzug auf der oberen Spiegelfläche. Als nun Wells den Spiegel umkehrte, so war auch auf der nach unten gekehrten Fläche der Thauüberzug. Bei gleicher Lage zeigte dagegen ein trocknes Bret oder ein anderer schlechter Wärmeleiter immer nur auf der oberen Fläche Thau, nie auf der unteren mit. Dies Alles und auch die oben beschriebenen Versuche mit den Baumwollenballen, erklärt sich einfach und leicht mit Hülfe der Thautheorie Wells'. In den gemäßigten Zonen kühlt sich der lebende Mensch selbst an Händen, Ohrzipfeln und Nasenspitze nie so weit ab, daß seine Temperatur niedriger als die der Luft stände, daher ist auch hier nie an einen Thauüberzug zu denken, der sich am Körper über Nacht niederschlüge, dagegen fehlt es nicht an Beispielen, wo die in den heißen Tropengegenden im Freien übernachtenden Reisenden thaufeuchte Hände, Nasen und Ohrzipfel bekommen haben.

Ueber die Menge des Thaues während einer Nacht stellte Flaugergues zu Viviers sehr bemerkenswerthe Versuche an. Darnach fand er, daß wenn im Jahre 1823 aller dort gefallener Thau auf dem Boden stehen geblieben wäre, derselbe eine Wasserschicht von 3 Linien Höhe gegeben haben würde. Es steht sehr zu wünschen, daß solche Versuche auch an anderen Orten der Erde fleißig angestellt werden. Unser Wissen ist gerade über diesen Punkt noch ein sehr beschränktes. Man stützt die ganze Untersuchung auf die Feuchtigkeitsmenge, welche die Luft zu bestimmten Zeiten in sich trägt und die sich leicht durch den mit Hülfe des Thermometers bestimmten Thaupunktes herausfinden läßt.

Nach dem Vorhergehenden ist es nun auch klar, daß die durch Wärmeausstrahlung bewirkte Temperaturerniedrigung recht gut mehrere Grade unter den Gefrierpunkt hinabsinken kann, wodurch dann das Thauwasser natürlich auch zum Gefrieren kommen muß. Dieses gefrorene Thauwasser nennt man Reif, also haben wir mit der Theorie der Thaubildung zugleich die des Reifes mit entwickelt. In Bengalen, wo die Lufttemperatur das ganze Jahr hindurch auch selbst während der Nacht nie unter Null herabsinkt, bildet sich dennoch zuweilen Reif und das ist nach dem eben Gesagten sehr wol erklärlich. Man benutzt hier die klaren kalten Sommernächte zur künstlichen Eisgewinnung; es werden dazu irdene flache Schalen in niedrige mit trocknem Stroh ausgelegte Gruben gestellt, und die nächtliche Wärmeausstrahlung gegen den fast immer ganz wolkenfreien

Himmel ist dann so groß, daß man am andern Morgen alles Wasser in Eis verwandelt findet. Die schwarzen Frostflecken auf den Blättern der Kartoffeln, auf Bohnen, Gurken, Klee und andern zarten Pflanzen erklären sich wahrscheinlich von den unter Null abgekühlten Thautropfen, welche sich in kalten Sommernächten so leicht bilden können.

Der feuchte Nebel ist ebenfalls ein Thau und zwar ein solcher, der dicht über der Oberfläche der Erde in der Luft schwebt. Er zeigt sich viel an den Gebirgssäumen des Flachlandes, in feuchten Thälern, über Moorland und Gewässer Meistens erklärt er sich ebenso wie der Thau aus der ungleichen Abkühlung durch die Wärmeausstrahlung. Auch pflegt selten eine Thaubildung zu Stande zu kommen, welche nicht zugleich die Nebelerscheinung zur Begleiterin hätte. Bei uns sind die Nebel am häufigsten, welche in den verhältnißmäßig kalten Nächten, die auf heitere Sonnentage folgen, entstehen und am Morgen oft so hoch und dicht auf der Erdoberfläche lagern, daß man nur wenige Schritte weit hindurchsehen kann. England hat für Nebelbildung eine besonders günstige Lage.

Das Wasser kühlt sich langsamer und nie bis zu dem Grade wie das Festland ab. Thut man z. B. zu 1 Pfund Wasser von 30° Wärme 1 Pfund Eisenfeilspäne von 10°, so nimmt die Mischung eine Temperatur von 28° an. Wenn man dagegen zu 1 Pfund Wasser von 10° 1 Pfund Eisenfeilspäne von 30° Wärme bringt, so erhält die Mischung eine Temperatur von 12°. Daraus folgt also offenbar, daß mit 2° Wasserwärme 18° Eisenwärme zu bewirken ist, oder daß erst 18° Eisenwärme 2° Wasserwärme erzeugen können; es ist also die dem Wasser eigenthümliche oder spezifische Wärme 9 mal größer als die des zerkleinerten Eisens. Auf diese Weise hat man die Wasserwärme mit derjenigen aller andern Stoffe in Vergleich gebracht und gefunden, daß durchschnittlich die feste Erdrinde nur ¼ so viel spezifische Wärme besitzt als das Wasser. Steht also das Wasser und das Festland unter demselben erwärmenden Einflusse der Tagessonne, so bewirkt dieser bei dem Wasser nur ¼ so große Temperaturerhöhung als bei dem Festlande. Und stehen beide unter demselben abkühlenden Einflusse der Nacht, so verliert das Wasser immer nur 1° an seiner Temperatur, während das Festland 4° einbüßt. Die fühlbare auf das Thermometer wirkende Zu- und Abnahme der Wärme muß also auf dem Festlande immer stärker ausfallen als auf der See, woher es denn kommt, daß das Seeklima nie zu den Extremen der Hitze und Kälte kommen kann, wie wir sie auf dem Festlande kennen.

Die Luft nimmt aber immer die Temperatur der Gegenstände an, welche sie berührt, daher ist denn auch bei abendlicher Kühle die Luft über Teichen und Flüssen jedesmal wärmer als über dem Uferlande. Ungleich erwärmte Luft besitzt ungleiches spezifisches Gewicht, also ist denn auch die Uferluft spezifisch schwerer als die über dem Wasser. Und wenn dieser Unterschied auch noch so gering ist, so muß doch nach aerostatischen Gesetzen die höher gelegene schwerere Luft die tiefer gelegene leichtere zu verdrängen trachten. Es dringt also die kältere Luft vom Lande in die wärmere über dem Wasser. Dadurch wird hier aus der Luft über dem Wasser Feuchtigkeit ausgeschieden, welche

als Nebel sichtbar wird. Dieser Nebel schützt dann das Wasser vor
Wärmeausstrahlung, auf ähnliche Weise wie es der bewölkte Himmel
dem Festlande thut. Zugleich wird aber auch bei dem Niederschlage
Luftwassers zu tropfbarer Flüssigkeit immer etwas latente Wärme frei,
ein Erheben der nebeligen Luftschicht zur Folge hat. Denken wir nun noch
daß aus dieser Bewegung zuletzt eine Circulation der Luft entstehen muß,
die gehobenen Nebel über dem Wasser dem festen Boden zufließen, hier
Theil ihrer Feuchtigkeit als Thau absetzen und dann abgekühlt wieder
Wasser zurückfließen, so kennen wir die Grundzüge der Vorgänge der
scheinungen zwischen dem Wasser und seinen Uferländern.

Mit geringer Aenderung bleibt diese Erklärung dieselbe, wenn
Nebel in feuchten Niederungen, in Thälern längs der Seitenwände von
bilden; auch ist klar, daß manchmal besondere Oertlichkeiten und Umstä
Nebelbildung bald förderlich bald hinderlich sein können; in der Hauptsa
aber Alles mit der vorhin durchgeführten Erklärung zusammen.
übrigens schon eine kleine Aenderung der Umstände Nebel erzeugen oder
denkbar, sehen wir an einem von Kämtz in seiner Meteorologie erzählte
erlebten Beispiele, wo nach einem wahrgenommenen Regen mitten zwisch
nahten Wiesen der Nebel sich nur auf einem abgemähten Wiesenplat
nach genauerer Prüfung ergab sich, daß der Boden auf diesem Platz
Wärme besaß, während die Temperatur der ungemähten Wiesen nur
betrug. Der berühmte Humphry Davy fuhr an den heiteren Abend
im Jahre 1818 dem schönen Sommertage des 9., 10. und 11. Juni folg
Genua bei Magdeburg und interessirte sich als Naturforscher für die
wiederholt vorkommenden Nebel, womit sich der Fluß überdeckte. Nach angest
suchung fand er, daß jedesmal während der Nebelbildung die L
Uferlande um 2 bis 4° C. niedrigere Temperatur besaß als die au
Des Morgens, wenn die Sonne ihre erwärmende Kraft überwieg
lande gegenwärtig hatte, hoben sich die Nebel immer wieder auf. "
um 6 Uhr Morgens," sagt Davy, „warum die Temperaturen der
Luft und des Flusses an dem Punkte, wo diese drei Flüsse sich ver
verminderte, um 12°, während an höher das in freier Luft auf
gegen Nebel die ganze Stärke der Sonne, ein ziemlicher
die Verschiedenheit der Luft und ein noch leichterer Dunst, de
Nebel, gewahrten, war das Ergebniß des geringeren Feuchtigk
welcher durch die Bewegung der Luft vom Flusse her mit
Nebel verwandelt werden konnte."

Hiernach leuchtet es zugleich ein, daß die Nebel verh
gebildeten und daher Acker-Bauer und künftige anfeuchte
Temperaturen. Die Wärmedifferenz zwischen Tag und
nächtlichen alle Tage. Die Landleute verdienen auch,
gegen wenig oder gar nicht mit Nebel zu kämpfen hätten,

Nähe der Polarmeere sehr häufig in dichte Nebel gehüllt seien. Auf dem Meere vom Ochotzk und der Aleuten, an der Küste von Neufundland und Californien, in der Hudsonsbay verliert sich der Nebel fast nie. In Europa sind die Küstenländer Norwegens, Englands, Hollands durch ihren häufigen Nebel sogar sprichwörtlich berühmt geworden.

Außer den feuchten Nebeln giebt es auch noch trockne. Diese entstehen durch die unvollständige Verbrennung wie sie bei Vulkanen, bei Erd-, Holz- und Moorbrand und vielen anderen Verbrennungsprozessen der Natur und Kunst vorkommen. Die Luft ist hier nebelartig undurchsichtig, weil darin unverbrannte Partikelchen umherschwimmen. Der Qualm unserer Küchenlampe, der Rauch in der Küche bei schlecht brennendem Feuer sind kleine uns nahe liegende Beispiele, die wir uns nur vergrößert vorstellen müssen, um das Phänomen des Höherauchs daraus zu erklären, von dem gewöhnlich angenommen wird, daß er durch Moorbrand entstehe. Wir sind weit davon entfernt, dieser Erklärung der trockenen Nebel und ins Besondere des Höherauchs entgegenzutreten, nur können wir es nicht unterlassen, zu bemerken, daß die Elektricität der Gewitter den Sauerstoff unsrer Luft in Ozon umzuwandeln vermag, welcher die Durchsichtigkeit der Atmosphäre behindern und unsere Geruchs- und Athmungsorgane ähnlich wie der Rauch afficiren kann. Die Untersuchung über Ozon und andere chemische Prozesse in unserer Atmosphäre sind aber noch eben erst in ihrem Anfange; es läßt sich noch nicht viel Bestimmtes darüber sagen.

Wolken! Dafür interessirt sich Alles, was Augen hat. Sie werden nach andauernder Hitze und Kälte als sichere Vorboten der Milderung des Klimas angesehen, sie erquicken Pflanzen, Thiere und Menschen mit Regen, durch sie entwickelt sich die himmlische Farbenpracht bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang. Und wie wechselvoll in Form, Farbe und Licht erscheint uns der mit Wolken gezierte Himmel. Die Wolken bringen uns allerdings auch furchtbare Gewitter, Sturm und Regen, indeß wissen wir doch auch, daß alle diese Luftphänomen viel mehr Segen über die belebte Schöpfung verbreiten, als der furchtsame Kurzsichtige zu begreifen im Stande ist. Was versteht man aber unter Wolken? Sie sind die Nebel der obern Luftschichten. Der Unterschied zwischen beiden besteht nur in der Verschiedenheit der Höhe über der Oberfläche der Erde, in der sie von der Luft getragen werden. Eine Wolke ist also ein hoch schwebender Nebel, so wie jeder Nebel eine die Erde berührende Wolke ist. Davon überzeugt man sich sehr oft bei dem Ersteigen hoher Berge, welche von unten gesehen in Wolken gehüllt waren und oben nichts Anderes als feuchte Nebel erkennen ließen, sobald man in die Region der Wolken kam. Das ist eine Ansicht, welche jetzt alle Meteorologen für wahr halten. Nur war man schon früher und ist zum Theil noch jetzt darüber uneins, ob die Luftwasserniederschläge, welche Nebel und Wolken bilden, in Form von hohlen oder massiven Wasserkügelchen auftreten. Halley hat zuerst behauptet, daß das ausgeschiedene Luftwasser in Bläschenform von der Atmosphäre getragen werde, er wies nach, daß sie dies auf andere Weise nicht möglich machen könnte. Dalton und seine

27953.19A

Anhänger waren entgegengesetzter Ansicht: sie hielten es wenigstens nicht für durchaus nothwendig, solche Annahme zu machen, wozu die Erfahrung und die darauf gestützten vernünftigen Gründe nicht dringend zwängen; sie wußten mit vielem Scharfsinn auch von ihrem Standpunkte aus Alles naturgemäß zu erklären. Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß beide Parteien nicht ganz Recht und auch nicht ganz Unrecht haben. Die Niederschläge sind vielleicht zum Theil hohl, zum Theil massiv dicht. Sieht man mit Hülfe einer Loupe auf den Wasserdunst, wie er sich über einer in die Sonne gestellten heißen Tasse Kaffee oder Thee entwickelt, so zeigen sich viele der aufsteigenden Dunstpartikelchen in Form von verschieden großen Hohlkügelchen, wovon die kleineren rasch durch das Gesichtsfeld in die Höhe steigen, die größeren aber wieder zurückfallen und auf der Oberfläche der Flüssigkeit fortrollen. Solche Beobachtungen sind von Sauſſure, Robiſon u. A. aufs Sorgfältigste durchgeführt und benutzt worden. Bläschenform des Luftwassers kommt also vor, sowol bei seinem Ein- als Austritt, nur ist damit nicht erwiesen, daß sie die einzige ist. Mag dem aber auch sein wie ihm wolle, so ist doch so viel gewiß, daß das Luftwasser überall nur da ausgeschieden wird, wo eine Temperaturerniedrigung den Zustand der Uebersättigung der Luft an Wassergehalt herbeigeführt hat, und daß dann der ausgeschiedene Dunst sichtbar wird und dadurch die Durchsichtigkeit der Atmosphäre beeinträchtigt, zugleich aber auch noch der Art ist, daß er von der Luft getragen wird, ja sogar darin noch emporsteigen kann, wenn übrigens günstige Umstände dabei behülflich sind. Die Meinung, welche Deluc mit seinen Anhängern einst aufgestellt hatte, als wirkten die Dunstkügelchen in den Wolken nicht auf den Feuchtigkeitsmesser der Luft, ist als unrichtig erkannt. Die neueren verfeinerten Hygrometer führen ohne Weiteres sogleich zu der Ueberzeugung, daß die Wolken eben so feucht sind wie die Abend- und Morgennebel über den Flüssen.

Die Ursache der Wolkenbildung ist im Ganzen genommen mit jener der Nebelbildung eine und dieselbe, nur zeigt sie einen noch größeren Spielraum und eine viel größere Wandelbarkeit. Wir wollen es versuchen, auch hier wieder auf die Hauptpunkte besonders aufmerksam zu machen.

Denken wir uns über irgend einem Raume der Erdoberfläche eine schon stark mit Feuchtigkeit erfüllte warme Luft, welche immer noch mehr von dem Luftwasser in sich aufnimmt, so muß zuletzt der Augenblick der Sättigung kommen, und zwar in den höher gelegenen Regionen früher als in den unteren, weil hier die Luftwärme geringer ist als in der Tiefe. Es werden so die nebelartigen Wasserausscheidungen der oberen Luftregionen als Wolken erscheinen, die erst leicht und kaum sichtbar wie ein Hauch auftreten, nach und nach aber und zwar in demselben Maße, wie der Prozeß tiefer herabkommt, dichter und dunkler werden. Zuweilen kommt es auch vor, besonders bei dem Entwickeln der Gewitterwolken, daß eine solche Luft auf horizontalem Wege von einem kälteren, wasserarmen Luftstrome durchdrungen wird, dann entstehen an der untern und obern Grenze dieses Stromes Nebelausscheidungen, welche unten als düstere,

oben als lichte Wolken über einander geschichtet am Himmel erscheinen. Da eine solche Strömung, wie meistens die Windbewegung, stoßweise auftritt, so müssen die davon abhängigen Wolken auch einzeln sich bilden und können sogar hier und da den blauen Himmel durchblicken lassen. Manchmal ist indeß der Bildungsprozeß der Wolken gerade umgekehrt, so daß zwischen eine über einem Orte stehende verhältnißmäßig kalte und dadurch eben wasserarme Luft eine andere wasserreiche warme Luft horizontal einströmt, dann müssen natürlich in dieser Luftströmung selbst die Wolken sich bilden. In unserer nördlichen gemäßigten Gegend knüpfen sich hieran gewöhnlich die ersten Spuren des von oben herabkommenden wärmern und regenreichern Süd- und Südwestwindes, wenn derselbe den trocknen kalten Ost- und Nordost verdrängt.

Manche Wolken sind an einem andern Orte entstanden und werden blos durch Windbewegung über das Gesichtsfeld des Beobachters getrieben, wobei sie in ihrem äußern Erscheinen oft wenig, oft aber sehr starke Veränderungen erleiden können, und je nachdem der neue, von ihnen eingenommene Luftplatz ebenso wie der bereits durchwanderte, mehr oder weniger warm und mit Wasserdampf erfüllt ist, wird ihre Größe und Dichtigkeit entweder dieselbe bleiben, oder merklich heranwachsen oder abnehmen. Wer hierauf seine Aufmerksamkeit lenkt und dann die gemachten Beobachtungen überdenkt und mit Vernunftgründen in Verbindung bringt, kann oft mit ziemlicher Sicherheit den weitern Verlauf des Tageswetters vorhersagen. Die Leute, welche viel im Freien sind und deren Geschäft vom Wetter abhängig ist, pflegen die Wetterprophezeiungen an diese Beobachtung und empirische Regeln zu knüpfen. Daß übrigens solche über den Beobachtungsort hinwegziehende Wolken fast immer einer Umwandlung in Größe, Form und Dichtigkeit unterworfen sind, erkennt man leicht, sobald man nur etwas andauernder die Aufmerksamkeit darauf lenkt.

Auf den Gipfeln alleinstehender Berge, wie der Brocken, Rigi, Risen, Pilatus, Gotthard, sieht man aus der Ferne oft Wolkenhaufen sich stundenlang lagern, ohne daß man einen Wechsel darin erkennen kann. Daß diese Unwandelbarkeit nur Schein ist, haben Sauſſure, Leopold von Buch und andere große Reisende unmittelbar an Ort und Stelle beobachtet. Sie fanden heraus, wie diese durch den Wechsel der Tagessonne verschieden erwärmten Bergriesen auf der kalten Seite die vorüberziehende Luft in Wolkennebel verdichteten und auf der warmen Seite diese Ausscheidungen eben so rasch wieder verdampften, wie sie vorher entstanden waren. Was also von Weitem betrachtet den Anschein einer Beständigkeit hatte, war an Ort und Stelle ein ununterbrochener Wechsel. Bei den aus der Ferne gesehenen, rasch auf uns zu oder von uns weg bewegten Lokomotiven machen wir gewöhnlich eine ähnliche Wahrnehmung, da scheint uns die über ihren Schornsteinen sich doch stets neu und neu bildende Dampfwolke unverändert dieselbe zu bleiben. Wenn jene Bergspitzen ihre scheinbare unmittelbare Wolkenbedeckung aufgesetzt haben, so wird das gar oft als ein sicheres Vorzeichen für bald nachfolgenden Regen angesehen. Die Sache ist auch meistens nicht ohne vernünftigen Grund; denn einmal liegt darin der Beweis, daß ein

feuchter Luftstrom über jene Höhen hinwegzieht, dann steht aber auch der Möglichkeit nichts entgegen, daß dadurch die angrenzende Atmosphäre nach und nach bis zur Uebersättigung mit Luftwasser gespeist werden kann.

Allgemein bekannt ist die hierher zu zählende Erscheinung des sogenannten Tafeltuches, welche sich am Kap der guten Hoffnung nicht selten zeigt. Der Tafelberg zieht mit seinen schroff abstürzenden Seiten und steilen Sandsteingehängen, so wie durch seinen abgeplatteten Gipfel, welcher ihm den Namen Tafelberg verschaffte, die Aufmerksamkeit des Schiffers schon aus weiter Ferne auf sich, wenn sich das Schiff nach langer einförmiger Fahrt der Südspitze Afrikas nähert.

Der Tafelberg am Kap der guten Hoffnung.

Das Interesse, welches jener Berg dem ankommenden Europäer gewährt, wird erhöht durch die Erinnerung an die geologischen, botanischen und zoologischen Eigenthümlichkeiten, welche er den Forschern bietet und dadurch gewissermaßen zum Willkommen ein bedeutungsreiches Ausrufungszeichen darstellt, das auf die sonderbare Naturbeschaffenheit des ganzen Kaplandes dringend aufmerksam macht. Einen besondern Reiz gewinnt er aber noch durch jenes erwähnte Tafeltuch, das ihn wie ein Zauberkäppchen oder ein geheimnißvoller Nebelmantel zu Zeiten deckt. Für gewöhnlich ragt nämlich sein flacher, abgeplatteter Gipfel klar und hell in die reine blaue Atmosphäre, da die Luft am Kap der guten Hoffnung während der größten Zeit des Jahres trocken ist. Tritt aber ein feuchter Südostwind ein, so erzeugt sich auf ihm eine Wolke von großer Dichtigkeit und eigenthümlicher Schönheit. Gewaltige Massen von schneeweißen

Dünsten bilden sich innerhalb weniger Minuten aus; sie drängen und treiben sich, scheinen immerdar von Neuem in der Richtung des Windes herbeizurollen, allein zur großen Bewunderung des Beschauers streichen sie nicht über den entgegengesetzten Rand der hohen Ebene hinaus, um ihren Weg in dem freien Raume als Wolken fortzusetzen. Wie ein See, der seine Ufer durchbricht, stürzt die kochende Schicht des Gewölkes über die Ränder des Abgrundes in Streifen hinab, die der Unerfahrene leicht für Wasserströme halten könnte. Sie verschwinden jedoch, ehe sie die halbe Höhe des Berges erreichen, andere, welche ihnen unterbrochen in reißender Schnelle folgen, haben dasselbe Schicksal.

Man verstand ehedem den Grund dieser schönen Erscheinung nicht hinlänglich. Die Erklärung des englischen Physikers Arnott ist die einfachste und empfiehlt sich durch Kürze des Ausdrucks. Der Luftstrom von Südosten ist über den ungeheuren Ocean gestrichen und daher mit so viel Wasserdunst beladen, als er bei seiner Temperatur irgend nur enthalten kann. Kommt dieser Luftstrom bei den steilen Wänden des Tafelberges an, so zwingen ihn letztere emporzusteigen. Er gelangt hierbei in eine Region, wo eine Verminderung des Luftdrucks stattfindet. Gradweise sich ausdehnend, kommt er endlich auf dem Gipfel des Berges an und nimmt hier eine sehr niedrige Temperatur an. Es muß sofort eine Ausscheidung des Wassergehaltes in Form von Nebelwolken erfolgen. Hierdurch wird die wechselnde und ungemein rasche Bildung von Wolken veranlaßt. Gelangen dieselben bei ihrem Vorwärtseilen bis zum gegenüberliegenden Rande des Tafelbergplateau's, so gleiten sie an letzterm wieder hinab, gerathen hierbei aber schnell in eine höhere Temperatur und werden wieder bis zu ihrem frühern Grade erwärmt und dadurch eben so schnell befähigt, den ausgeschiedenen Wassergehalt vollständig aufzulösen. Hierdurch verschwinden die früher gebildeten Wolken eben so schnell als sie entstanden waren. Auf der Insel Juan Fernandez hat man in neuerer Zeit eine ganz gleiche Erscheinung beobachtet.

Oft sieht man den untern Raum des Horizontes viel dichter mit Wolken umlagert als die obere Wölbung des Himmels. Auch hierbei kommt meistens Täuschung vor, welche aber dann rein optischen Ursprungs ist, weil das Auge die zwischen liegenden Abstände entweder gar nicht sieht oder doch wenigstens in zu kleinem Maße in Betracht zieht. Es tritt hier derselbe Fall ein, daß die in einiger Entfernung von Höhen gesehenen Städte und Dörfer immer quer durch die Richtung der Augenaxe mehr Länge als längs dieser Richtung Breite zu besitzen scheinen, obgleich in der Wirklichkeit gerade das Entgegengesetzte wahr sein kann. Die über dem Horizonte aufsteigenden Wolken haben gemeiniglich auffallend lichte Gipfel, während ihre unteren Partien verhältnißmäßig viel dunkler sind. Dies kann nun wirklich gerade so sein, wie es scheint, da in der Regel die oberen Nebelniederschläge in der Atmosphäre schwächer ausfallen, als die unteren. Indeß fehlt auch hierbei selten die optische Täuschung, weil wir übersehen, daß die unteren Luftschichten der Atmosphäre viel weniger durchsichtig sind als die oberen; wissen wir doch aus Erfahrung, daß bei heiterm Wetter aus eben diesem Grunde die Sonne bei ihrem Auf- und Untergange ohne große Be-

lästigung vom Auge angesehen werden kann, während dies eine reine Unmöglichkeit ist, sobald sie nur einige Grade über dem Horizonte steht.

Die Wolken erscheinen in sehr verschiedenen Formen. Wer nur flüchtig seine Aufmerksamkeit darauf lenkt, hält es kaum für möglich, darin etwas regelmäßig Wiederkehrendes zu finden. Alles scheint hier Zufall und gesetzloser Wechsel zu sein. Dies ist indeß gar nicht der Fall und es hat sich ganz vorzugsweise der Engländer Howard ein großes Verdienst erworben, in dies wechselvolle Gebilde eine leicht aufzufassende übersichtliche Gesetzmäßigkeit zu bringen. Er theilt alle Wolkengestalten in drei Hauptklassen und in vier hiervon abgeleitete Unterordnungen. Merken wir uns zunächst ihre Namen. Die drei Hauptklassen sind:

1. die Federwolke (cirrus), 2. die Haufenwolke (cumulus), 3. Die Schichtwolke (stratus).

Die vier Unterordnungen heißen:

1. die federige Haufenwolke (cirro-cumutus), 2. die federige Schichtwolke (cirro-stratus), 3. die geschichtete Haufenwolke (cumulus-stratus) 4. die gehäufte federige Schichtwolke oder die Regenwolke (nimbus).

Die Namen dieser Wolkenformen sind sehr glücklich gewählt, so daß sie mit Leichtigkeit auf das hinführen, was sie in sich schließen sollen. So hat die Federwolke eine große Aehnlichkeit mit dem Barte und Flaum einer Vogelfeder. Die feinen Ausläufe haben oft eine parallele, oft eine gelockte, oft eine in einandergekräuselte Struktur, wie dies bei den Flügelfedern der Gänse, bei den Daunen der Schwäne und Strauße bekannt ist. Diese Wolkenform ist es, welche nach andauernder Dürre den heitern Himmel hoch über uns zuerst ändert; sie verfliegt aber gewöhnlich eben so rasch wieder, wie sie entstanden ist. Bleibt sie in dieser zarten wechselnden Gestalt, so ist noch an keinen Regen zu denken Sieht man sie aber verweilen und größer, zahlreicher, dichter werden, so daß daraus dicht an einander gereihte gefederte Schichten oder gefederte Haufen entstehen, dann sagt man, der Himmel bezieht sich, und sieht das Ganze als ein Zeichen der allmählichen Vorbereitung zu Regen und Wind an. Dies ereignet sich meistens, wenn der von oben herabsinkende feuchte und warme West- und Südwestwind einen bis dahin unten herrschenden trocknen kalten Ost- und Nordwind verdrängen will. Es zeigt sich dann gegen Abend im Westen gewöhnlich die charakteristische dunkle Wolkenschicht, die man einen Damm zu nennen pflegt. Schon Goethe macht auf diese Zusammenhäufung von Feder-, Schicht- und Haufenwolke aufmerksam und schlug vor, sie Paries zu benennen. Den abendlichen Wolkendamm sieht man übrigens immer als ein Regenzeichen an. Aber auch umgekehrt, nach vorhergegangenem warmen Sommerregen und herrschenden West- und Südwestwinde, sind die Federwolken, gefederte Haufenwolken, gefederte Schichtwolken, welche im gewöhnlichen Leben Lämmchen heißen, die sichtbaren Spuren eines aufheiternden mit Windwechsel verbundenen Wetters. Diese Wolken müssen nur entschieden den Charakter der Auflösung und des Verfliegens in sich tragen.

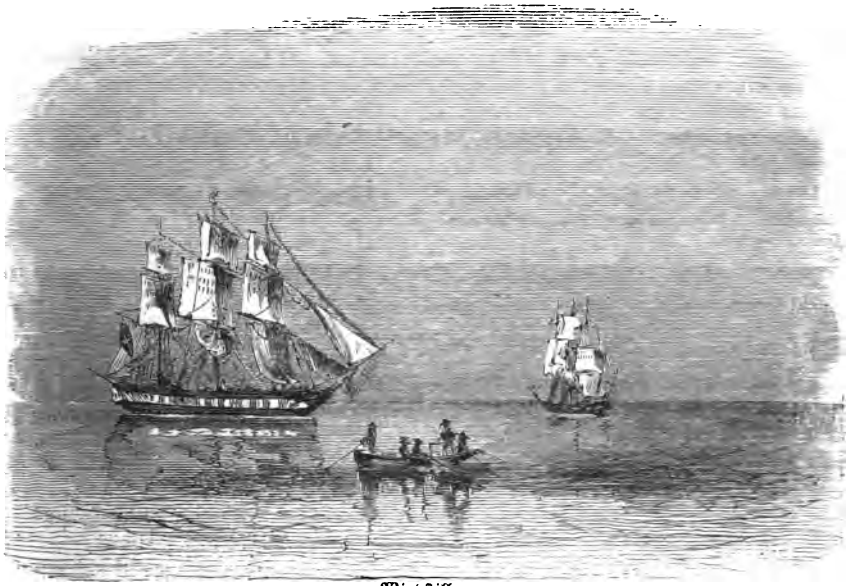
Die Haufenwolke erhebt sich über den Horizont wie ein Schneegebirge, sie macht sich besonders in ihrer obern Begrenzung durch ihre vielfach kugelförmige lichte Abrundung, durch ihr ballenartiges Zusammenhalten bemerkbar. Meistens besitzt der aus dem Schornstein der Lokomotive ausgestoßene Dampf die charakteristische Gestalt der Haufenwolke. Ihre äußere Umgrenzung ist verhältnißmäßig sehr durchscheinend licht, während ihr innerer Kern das charakteristische lichtarme Grau der regnenden Wolke besitzt. Oft sieht man sie des Morgens nach vorangegangenen kalten Nächten, denen ein heißer Tag folgen will, wo sie aus dem an der Oberfläche der Erde gebildeten Nebel entstanden sind, den die heißen Sonnenstrahlen durchwärmt und zum Steigen genöthigt haben. Zeigen sie eine Neigung, sich in Federwolken aufzulösen und zu schwinden, so liegt darin der Beweis, daß die Luft noch wasserarm ist, und Neigung hat den Verdunstungsprozeß der Wolkenmassen zu begünstigen, daß noch keine Aussicht zu Regen da ist. Nehmen sie aber sichtlich an Dichtigkeit zu, verlieren sie ihre schöne Wölbung, machen sie den Himmel flach und gleichmäßig trübe, so deutet dies darauf hin, daß die Luft sehr wasserreich nach dem Zustande der Uebersättigung vorschreitet und Regen geben will. So entsteht die geschichtete Haufenwolke, welche nach und nach den ganzen Himmel überzieht, alles Sonnenlicht absperrt und zuletzt in den Nimbus, die Regenwolke, übergeht.

Die Schichtwolke ruhet gewöhnlich schwer und undurchsichtig an dem Saume des Horizontes, sie überdeckt mit einfarbigem todten Grau das flache Himmelsgewölbe, nur hier und da zeigen sich bald dunklere, bald lichtere Schichtstreifen; kugelförmige Gewölbtheit ist nur ausnahmsweise sichtbar. Alles deutet darauf hin, daß wir uns unter einem nur wenig gehobenen schweren Nebelgeschichte befinden, und daß der Himmel Lust hat zum Regnen. Sind diese Anzeichen schon des Morgens bei Sonnenaufgang da, wo dann ein bleiches oder hartes Morgenroth erscheint, so kann man sicher Regen erwarten. Zeigen sie sich des Abends und haben sie noch Kraft genug, ein feuriges Abendroth zu bewirken, so ist noch Aussicht da, daß die Luft des Verdunstungsprozesses Herr bleibt und daß sich das Schichtwolkengebilde in Haufen- und Federwolken auflöst. Auf eine Art der Schichtwolke ist hier aber noch ganz besonders aufmerksam zu machen, sie zeigt sich gegen Sonnenuntergang an heiteren Sommer- und Wintertagen, denen eine heitere kalte Nacht folgen will; sie bewirkt das wunderschöne Röthen des Abendhimmels, läßt die Sonne ungewöhnlich groß und dunkelfeurig erscheinen. Diese Schichtwolke ragt nicht sehr hoch empor, lagert sich aber rund um den Horizont herum und besitzt überall eine purpurröthliche Färbung. Der Himmel ist hochgewölbt und meistens oben ganz wolkenleer. Ueberall zeigen sich Spuren einer reichlichen Thaubildung. Und ist man recht aufmerksam, so wird man bald finden, daß diese Schichtwolke nur die Folge einer ganz normalen Thau- und Nebelbildung ist, die uns umgiebt und überdeckt. Die durch Ausstrahlung der Tageswärme rasch abgekühlte Erde bewirkt in den unteren Luftschichten eine reiche Wasserausscheidung und erquickt damit ihre Pflanzen, oder verschönert damit die Winter-

landschaft durch Ansatz der Reifkrystalle. Das Wetter ist dann schön und verspricht es zu bleiben.

Ueber die Höhe der Wolken hat man durch Schätzung und genauere Messung sehr ungleiche Resultate herausgefunden, so daß es wirklich schwer fällt, auch nur annähernd die Grenzen anzugeben, zwischen denen dieselbe auftreten kann. Bouguer sah bei seiner Besteigung der Cordilleren noch viele hundert Toisen über sich Wolken in der Luft schweben. Dasselbe berichtet auch Humboldt; bei dem Versuche, den Chimborazzo zu ersteigen, sah er die sogenannten Wolkenschäfchen noch viel höher über sich, als er selbst schon gestiegen war. Diese liebliche Wolkengestalt scheint überhaupt vor allen ihren Schwestern den Vorzug zu haben, daß sie den erhabensten Stand am Himmel einnimmt. Ist es nun aber auch schwer, eine bestimmte Antwort auf die Frage zu geben, wie hoch die Wolken sind, so weiß man doch ganz entschieden, daß diese Höhe sehr abhängig ist von dem Klima und der Gebirgsformation der betreffenden Länder. Die Höhe der Wolken steigt von den Polen nach dem Aequator, von dem Flachlande zu dem Hochlande, sie ist über dem Meere und den Inseln niedriger als über den Continenten. Nach genauen Messungen will man gefunden haben, daß in Italien die höchste Wolkenhöhe 12,000 Fuß nicht übersteige. Ist dies wahr, so zeigt sich deutlich, wie hier die Nähe des Mittelländischen Meeres schon wesentlich eingewirkt hat. In England erreicht die höchste Wolke kaum 3000 F. Höhe. In Deutschland fand Kämtz die höchste Federwolke 24,000 F. hoch, die niedrigste dagegen 10,000 F.; die Haufenwolke schwankte zwischen 10,000 bis 3,000 F. Die Höhe der Gewitterwolken war einst 5,000 F., ein anderes Mal aber nur 1,500 F. Er bestimmte dieselbe nach der Zeitdauer, in welcher der Donner dem Blitze folgte. Andere fanden auf diesem Wege die Gewitterwolke sogar nur 500 F. hoch. Alle diese Angaben sind indeß sehr unsicher, und es liegt in der Natur der Sache, daß sie dies nicht anders sein können. Die Wolken sind einer beständigen Umwandlung, einer ununterbrochenen Bewegung unterworfen, wodurch die Messung auf tausendfache Ungenauigkeit und Unzuverlässigkeit stößt. Es fehlt hier an allen den festen Haltpunkten, wodurch unsere Meßkunst allein nur zu richtigen Resultaten gelangen kann.

Ueber die Größe der Wolken ist unser Wissen sogar noch schwächer als über ihre Höhe. Es sind Wolken gemessen, deren ganze Dimension sich nur auf einige Fuß erstreckte, während die Ausdehnung anderer viele Meilen betrug. Bei den Regen- und Gewitterwolken kommt gemeiniglich ein solches Ineinanderfließen der Grenzen vor, daß man kaum im Stande ist, dabei Anfang und Ende zu bestimmen. So zog vor einigen Jahren ein Gewitter über Europa, das von Petersburg bis London reichte. Wir haben Regen erlebt, die zu derselben Zeit ganz Europa betrafen. Wie läßt sich hier noch von einer Gewitterwolke, von einer Regenwolke reden? —



Windſtille.

VII.

Die Bewegung der Luft, ihre Bedeutung und ihre Folgen.

Bedeutung des Windes. Verbindungsmittel zwiſchen Land und Meer. Halley's Theorie der regelmäßigen Winde. Weitere Begründung und Ausführung derſelben durch Maury. Dove's Geſetz der Winddrehung. Regelloſe Winde. Geſchwindigkeit der Winde, Stürme, Orkane. Reid's Sturmlehre. Steppenſtürme. Sirocco, Samum und Chamſin.

Die Verbindung zwiſchen den Continenten und den Meeren kommt uns erſt in ihrer wahren und vollen Bedeutung zum Bewußtſein, wenn wir klar begreifen, wie unſere Atmoſphäre es iſt, welche überall die vermittelnde Hand bietet. Wir wiſſen, daß der wohlthätige Regen, welcher die ganze Natur des Feſtlandes friſch und lebendig erhält, ein Geſchenk des Oceans iſt, daß daſſelbe von dem kühlen erquicklichen Waſſerquell gilt, der unſern Durſt ſtillt, von jenen Bächen, Flüſſen und Strömen, welche unſere Wieſen, Felder und Thäler befruchten und zu Handels- und Verkehrsſtraßen für benachbarte befreundete Städte und Länder dienen, von jenen Landſeen, welche ſo viel Reize, geſellige und geſchäftliche Verbindungen über die ſie umgebenden Uferlande entfalten. Und fragen wir nach dem Boten, der dieſe reichen und wichtigen Oceangaben überbringt, ſo iſt es die Atmoſphäre. Alles unſichtbare und ſichtbare Dunſtwaſſer wird von der Luft getragen und bewegt, als wäre es ſelbſt Luft. Die beiden ſo ungleichen

Elemente, Meer und Land, vereinigen sich mit der Luft zur Quelle alles Lebens. Die Bewegungen der Luft, die Winde, sind die helfenden Mittel und Wege zum Schaffen und Vollenden das große Werk, sie sind die Träger und Führer des wunderthätigen Wassers, welches Leben giebt und Leben erhält, welches das Antlitz des Festlandes verjüngt und seine Schönheit ewig frisch und unvergänglich macht. Die Natur der Winde zu begreifen ist daher eine der wichtigsten Aufgaben für den denkenden Menschen.

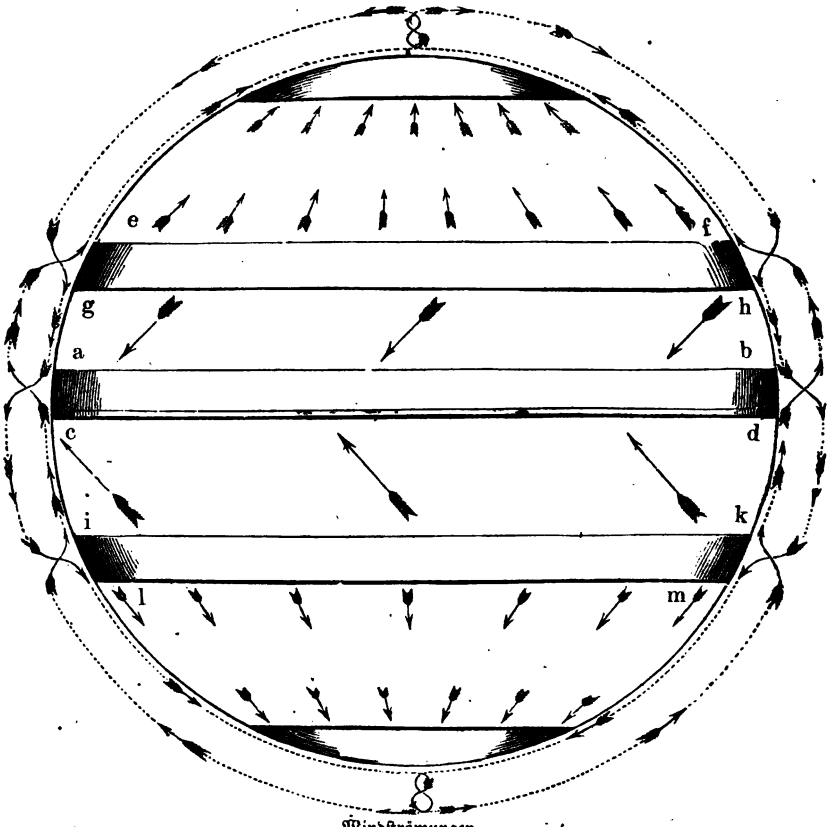
Wären uns nun aber blos die Winde bekannt, welche in unserer gemäßigten Zone wehen, so könnten wir mit Recht daran verzweifeln, je ein Gesetz herauszufinden, welches diesen wunderlich ungleichen Gang der Natur in ein befriedigendes System zu bringen vermöchte. Denn giebt es wol eine flatterhaftere Unbeständigkeit, eine capriciösere Launenhaftigkeit als diese Winde? Wie plötzlich und oft ändern sie ihre Richtung, ihre Kraft, ihre Temperatur und das immer, wie es scheint, ohne Grund, ohne die Möglichkeit an die Hand zu geben, die veranlassenden Ursachen erforschen zu können! Ganz anders ist es aber, wenn wir weiter bis zu den Gewässern des Aequators gehen, hier wird der Charakter der Winde immer ernster, zuverlässiger und erhält zuletzt sogar eine unerschütterliche feste Beständigkeit. Und zu einer eben so leicht faßbaren Gesetzmäßigkeit der Winde gelangen wir, wenn wir zu den Polarzonen kommen.

Die Seefahrer hatten die gesetzmäßige Beständigkeit der Winde in der heißen Zone und in der Nähe der Pole längst erkannt und benutzt, ehe die Naturforscher daran dachten, die Ursache davon aufzusuchen. Der erste, welcher darauf seine Aufmerksamkeit lenkte, war der große Halley. Im Jahre 1686 hielt er der königlichen Gelehrtengesellschaft zu London einen weltberühmten Vortrag über die wahrscheinlichen Ursachen der von den Seefahrern aufgefundenen regelfesten Ostwinde der heißen Zone. Ihm dünke es sehr wahrscheinlich, daß die starke Sonnenwärme dieses Tropengürtels die untere Luft stark ausdehne, spezifisch leichter mache und dadurch zum Emporsteigen zwinge, während die kältere Luft der angrenzenden Zonen den freigewordenen Platz einzunehmen trachte, aber kaum angekommen, durch dieselbe Sonnenglut genöthigt würde, auch wieder emporzusteigen. Die durch die Wärme gehobene Luft werde aber in den oberen Regionen abgekühlt, spezifisch schwerer und erhalte dadurch den Drang, wieder in die Tiefe zu kommen; dies gehe nun aber nicht auf demselben Wege, den sie gekommen sei, weil da immer neue und neue Luft nachsteige, welche von derselben Hitze getrieben würde, die sie vorher selbst gehoben; daher müßte sie sich schon bequemen, seitwärts nach den Polen zu abzufließen. So entstände eine große Circulation in der ganzen Atmosphäre, die Luft von den Polen der Erde fließe nach dem Aequator, steige von hier empor und kehre zu den Polen zurück, um den Kreislauf aufs Neue zu beginnen. Jetzt müsse man sich aber auch noch die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe hinzudenken, wodurch die Luftströmung ebenfalls eine Aenderung erlitte, weil sie gezwungen wäre, an dieser Rotation Theil zu nehmen. Die bewegte untere Luft von den Polen zu dem Aequator komme auf ihrem Wege fortwährend über rascher nach

Osten bewegte Breitengrade, sie müsse also immer mehr und mehr gegen Westen hin zurückbleiben und daher in dieser relativen Rückbewegung auf der nördlichen Hemisphäre den Nordostpassat und auf der südlichen Erdhälfte den Südostpassat bilden. Dagegen komme die bewegte obere Luft auf ihrem Wege nach den beiden Polen fortwährend über langsamer nach Osten bewegte Breitenpunkte, sie eile daher immer mehr gegen Osten vorauf, wodurch es denn geschehe, daß sie in dieser relativen Vorbewegung auf beiden Hemisphären zu dem charakteristischen Südwestoberpassat würde. Das waren nun die Grundzüge von Halley's Theorie der Winde, welche mit ganz außerordentlichem Beifall aufgenommen und überall für unumstößlich wahr gehalten wurde. Aber schon Halley erklärte in seinem denkwürdigen Vortrage, „es sei dennoch sehr schwer einzusehen, warum die Grenzen des unteren Passatwindes in der Gegend des 30. Parallelkreises rund um die Erde herum festliegen sollten und warum sie diese Schranke der Regel nach weder überschreiten noch verändern könnten", und dieses offene Geständniß, verbunden mit den reifer gewordenen Erfahrungen und den glänzenden Fortschritten der Wissenschaften, hat in unseren Tagen Maury, den eben so scharfsinnigen als emsigen Forscher der Physik des Meeres, dahin geführt, die Halley'sche Theorie noch weiter auszubilden, damit nicht blos die von diesem schon ausgesprochenen, sondern überhaupt alle Bedenklichkeiten gehoben würden. Und gerade diese neue Begründung der Windeslehre dürfen wir hier nicht unerörtert lassen, weil sie es ist, die in das so verwickelte Labyrinth der Wetterkunde ein aufklärendes Licht oder doch wenigstens zurechtweisende Winke giebt.

Maury geht zunächst von dem Erfahrungssatze aus, daß die Nordost- und Südostpassate von dem 30sten Grade der nördlichen und südlichen Breite an wahrnehmbar dem Aequator der Erde als Unterwinde zuwehen. Wir setzen daher ihren nördlichen Anfang in g h, ihren südlichen in i k. In der Nähe des Aequators fallen sie dann in den bekannten Gürtel der Calmen zwischen a b, c d. Durch den mächtigen Einfluß der Tropensonne erhebt sich hier die Luft nach den von Halley schon angeführten Gründen und geht dann über zu den oberen Passatwinden, wobei aber nicht, wie Halley es meinte, ein Umkehren der Windrichtung Statt habe, sondern, daß der von der nördlichen Hemisphäre kommende zur südlichen vorschreite, und der von der südlichen Halbkugel kommende zu der nördlichen übergehe ohne umzukehren. Fassen wir nun den letztern allein ins Auge, so ist klar, daß derselbe von seiner ursprünglichen südöstlichen Richtung übergehen muß in eine südliche und südwestliche Richtung, weil er von seinem Durchgange durch den Aequator eine raschere nach Osten gerichtete Bewegung mitbringt und über langsamer und langsamer rotirende Breitengrade hinwegstreicht. Ist er bis e f etwas über den 30° n. B. gekommen, so hat er seine Tropenwärme ziemlich wieder abgegeben, er muß also wieder zur Oberfläche der Erde herabsinken und zu einem Untersüdwestwinde werden, aus dem meistens wieder ein reiner Südwind werden kann, weil das vom Aequator mitgebrachte Streben, der Breitenrotation vorauszueilen, allmählich ganz erschöpft sein muß. Bis zum Nordpole bleibt er nun ein stark nach Süden geneigter süd-

westlicher Unterwind, dann erhebt er sich aber wieder, durch irgend eine noch nicht genau erkannte Ursache, ohne umzukehren zu einem von Norden kommenden Oberwinde. In g h ist die Wirkung dieser Ursache wieder so weit erschöpft, daß er zu dem durch die Erfahrung gegebenen nordöstlichen Unterpassat herabsinkt. So macht er in a b seinen Weg nach oben und wird bei dem Uebergange



Windströmungen.

in die südliche Hemisphäre zu einem nordwestlichen Oberpassat, bis er bei l m wieder zu dem Unterwinde wird, der die Tendenz hat, zu einem reinen Nordwinde zu werden. In p angekommen erhebt er sich durch dieselbe noch aufzufindende Ursache zu einem Oberwinde, geht ohne umzukehren wieder bis i k als südlicher Wind fort, wo er zu dem ursprünglichen südöstlichen Unterpassat wird, um den Kreislauf aufs Neue zu machen. Auf ganz ähnliche Weise läßt sich der

Kreislauf des Nordostpassats verfolgen. Das hierbei vorkommende mehrfache Durchkreuzen, Heben und Senken der atmosphärischen Strömungen ist durch umstehende Figur in der äußern Umgebung durch Pfeile und Bogen auf einen Meridian bezogen zur Anschauung gebracht, und es ist nur nöthig hinzuzudenken, daß dies Gesetz für alle Meridiane der ganzen Erde gilt.

Aus dem Ebengesagten ergiebt sich sogleich, daß die Maury'sche Theorie nicht blos einen Calmengürtel zwischen a b, c d in der Nähe des Aequators annimmt, sondern außer ihm noch vier andere, wovon zwei an den Polen und die anderen beiden zwischen e f, g h und zwischen i k, l m gelegen sind. Die ersten beiden heißen die Polarcalmen, die anderen beiden die Wendekreiscalmen. Auf dem Wege directer Erfahrung ist übrigens noch ermittelt, daß der Gürtel der Aequatorcalme nicht blos zu verschiedenen Jahreszeiten eine verschiedene Ausdehnung besitzt, sondern auch eine merklich verschiedene Lage annimmt. In den Monaten Juli und August liegt diese Zone zwischen dem 7 und 12° n. Breite, während sie in den Monaten März und April zwischen dem 5° s. Breite und dem 2° n. Breite gelegen ist. Und die ganze Natur der Sache macht es nothwendig, daß die Wendekreiscalmen wenigstens ebenso, wenn nicht noch mehr variabel sind.

Es lassen sich nun sehr wichtige Folgerungen aus dieser Windtheorie ziehen. Die nördliche Hemisphäre besitzt eine ziemlich gleiche Vertheilung zwischen Land und Wasser, während auf der südlichen Erdhälfte viel mehr Wasser als Land ist. Die von Süden kommenden unteren Passate werden daher in eben dem Verhältniß stärker mit Wasserdunst erfüllt sein, als die von Norden kommenden; und da sie bei ihrem Zusammentreffen in der Zone der Aequatorcalme nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil ihres Luftwassers einbüßen, so ist es klar, daß sie bei ihrem Uebergange in die nördliche Erdhälfte beständig mehr Regen zuführen müssen als die von Norden kommenden unteren Passate bei ihrem Uebergange in die südliche Hemisphäre. Für diese Folgerung spricht auch sehr schlagend die Erfahrung. Denn mit der einzigen Ausnahme des Rio de la Plata sind alle großen Ströme der Erde auf der nördlichen Halbkugel gelegen; auch lehrt die Erfahrung, daß die jährliche Regenmenge in der ganzen südlichen gemäßigten Zone nur zwei Drittel von derjenigen der nördlichen gemäßigten Zone beträgt, und daß dies beinahe dasselbe Verhältniß ist, in welchem die Südost- und Nordostpassate Gelegenheit gehabt haben, sich mit Wasser zu versehen, denn die Wasserquantitäten, über welche sie hinwegstreichen, verhalten sich sehr nahe und wie 3 zu 2. Ferner ist es eine allgemeine Erfahrung, daß in Patagonien an der Westseite der Südspitze Südamerikas immer ein ungewöhnlich starker Regenfall vorkommt; so erlebte hier der Kapitän King in 41 Tagen einen Regenfall, der die Erdoberfläche daselbst 151 Zoll hoch überdeckt haben würde, wenn die Flüssigkeit unverändert stehen geblieben wäre; und Darwin erzählt, daß das Regnen an jenem Orte so ununterbrochen angedauert habe, daß die Oberfläche des Meeres mit einer namhaften Süßwasserschicht überdeckt gewesen wäre, die man zum Trinken hätte abschöpfen können.

Nach Maury's Theorie müssen wir annehmen, daß der in der Mitte des sogenannten stillen Oceans herrschende Nordostpassat mit Wasser gesättigt sich in der hier stark südlich gelegenen Region der Aequatorcalme erhoben habe, und dann als nordwestlicher Oberpassat in die südliche Hemisphäre übergegangen sei bis er unter dem 30 bis 40° s. B. durch den hohen Damm der Andeskette in seinem Laufe behindert an dem besagten Orte zu einem so regenreichen Unterwinde geworden sei. Aber auch an der Nordwestküste Europas kommt eine solche Gegend der auffallend häufigen Regen vor, nämlich Bergen an der Westküste Norwegens. Hier fällt jährlich durchschnittlich 78 Zoll Regenwasser vom Himmel; es vergeht kaum ein Tag im Jahre, an dem es gar nicht regnete. Forschen wir hier nach der Quelle, so wird es sehr wahrscheinlich, daß der Südostpassat zwischen Südamerika und Afrika mit Wasser gesättigt sich in der dort stark nördlich gelegenen Zone der Aequatorcalmen erhoben hat, dann als südwestlicher Oberpassat in die nördliche Hemisphäre übergegangen ist, unter dem 30 bis 40° n. B. zu einem Unterwinde wurde, wo er über dem Golfstrome Gelegenheit hatte, sich aufs Neue mit Luftwasser zu sättigen und zuletzt als regenreicher Südwestwind in Frankreich, England und Norwegen ankam; daß dann der Regenfall an der Westküste Norwegens verhältnißmäßig am stärksten ausfallen mußte, erklärt sich einfach aus der dem Winde entgegentretenden sehr günstigen starken Erhebung des Landes. Diese Erklärung findet auch darin noch ihre Bestätigung, daß Stockholm, welches Bergen gegenüber auf der andern Seite des Skandinavischen Gebirges gelegen ist, jährlich nur ein Viertel so viel Regen bekommt als Bergen. Auf ähnliche Weise zeigt auch die Westküste Nordamerikas einen reichen Regenfall, welcher mit dem Südwestunterwinde von der südlichen Hemisphäre herbeigeführt wird; in Oregon regnet es sehr viel, aber mehr im Winter als im Sommer, weil dann der Südostpassat unter einer Sommererwärmung seiner Heimat mehr Wasserdunst verschlucken und tragen kann.

Es wird daher nach der von Maury aufgestellten Theorie sehr wahrscheinlich, daß die nördliche Erdhälfte ihr Luftwasser von der südlichen bekommt, und daß umgekehrt diese dasselbe von jener erhält. Da ferner Europa in die Zone der nördlichen Wendekreiscalmen hineinfällt, so haben wir hier einen beständigen Kampf zwischen den beiden von oben kommenden Südwest- und Nordostpassaten, wobei jener ein Streben besitzt immer mehr gegen Westen umzuschlagen, während in diesem die Tendenz, zu einem Ostwinde zu werden, liegt. Die Theorie widerspricht also auch der Doveschen Regel der Winddrehung nicht, wonach der Windwechsel Europas vorzugsweise in der Richtung des Zeigers der Uhr von Osten über Süden nach Westen und von Westen über Norden nach Osten vor sich geht. Auch läßt sich nach eben der Theorie als Regel erkennen, daß im Sommer bei uns der Südwest, im Winter dagegen der Nordost die Obergewalt besitzen müsse, und daß im Frühjahr und Herbst die meisten Windwechsel eintreffen können; denn im Sommer liegt uns die Nordgrenze der Zone der Calmen des Krebses sehr nahe, aus welcher der Südwest

hervorgeht, im Winter liegt sie uns dagegen fern und es muß der Nordost vorwalten, weil er wenig Gegenkraft erfährt; und in den Zwischenlagen ist der Kampf zwischen zwei gleichen feindlichen Windmächten. Wenn man übrigens noch die Wahrscheinlichkeit hinzunimmt, daß diese Calmen der gemäßigten Zonen im Winter viel weiter ausgedehnt sind als im Sommer, so gewähren sie auch hierdurch noch eine Grundlage mehr zur Erklärung der genannten Erscheinungen.

Die Zone, wo die beiden Passatwinde zu Oberwinden gemacht werden, heißt die der Windstillen oder Calmen, sie ist durchschnittlich nur etwa 4° ausgedehnt, liegt im atlantischen Ozean etwas nördlich, im stillen Ozean etwas südlich, behält aber überall den Aequator noch zwischen ihren Grenzen. Die Luft ist dann in einem sehr leicht zu störenden Gleichgewicht und besitzt gar nicht die gleichmäßige Stille, worauf ihr Name hinzudeuten scheint. Es herrscht hier allerdings zuweilen die unheimliche Ruhe, wie wir sie vor starken Gewittern als Gewitterschwüle kennen, aber es bricht daraus eben so häufig ein furchtbarer Sturm mit den entsetzlichsten Wirbelwinden und Regengüssen untermischt hervor. Diese Donnerstürme mit zündenden Blitzen und furchtbarem Regen gepaart nennen die Spanier Tornados; sie sind fast tägliche Begegnisse der Seefahrer dieser Region und sehr gefürchtet.

Die Theorie des Windes ist leicht zu überblicken, wenn man dabei immer nur das Erdganze im Auge behält und über die partiellen und Ausnahmeverhältnisse noch hinwegsieht. Sie wird aber immer schwieriger und zuletzt gar nicht mehr durchzuführen und zu fassen, wenn man sie ganz speziell für jeden Ort der Erde zur Geltung bringen will. Dies kann nun unsere Absicht nicht sein, aber dennoch müssen wir die Sache noch etwas weiter zu führen suchen, als wir es mit der Darstellung der Maury'schen Windlehre gethan haben.

Wir richten unsere Aufmerksamkeit zunächst auf das indische Meer; hier herrschen die Passate des atlantischen und stillen Ozeans nicht mehr ungestört als Jahreswinde, sie werden zu Jahreszeitenwinden, zu Monsunen. Während Afrika, soweit es südlich vom Aequator liegt, die vertikalen Strahlen der Sommersonne im December, Januar und Februar über sich hat, empfindet Südasien noch die Winterkälte; denn es liegt ja nördlich vom Aequator. Die Luft muß also in dieser Zeit von dem kältern Indien zu dem heißen Südafrika hinüberwehen, und der Passat schmiegt sich dieser nordöstlichen Richtung leicht an. So entsteht der indische Winter- oder Nordost-Monsun. Das Umgekehrte muß stattfinden, wenn auf Südasien die heiße Sommersonne wirkt und Südafrika unter dem kühlern Einflusse des südlichen Winters steht. Die Luft strömt immer nach dem heißern Orte hin. Der Passat fügt sich auch dieser Richtung und es entsteht der indische Sommer- oder Südwestmonsun. Uebrigens dürfen wir hier nicht unerwähnt lassen, daß in dem südlichen Theile des indischen Ozeans der Südostpassat gerade wie im stillen Ozeane Jahr aus Jahr ein regiert. Das Phänomen der Monsune, oder der Windwechsel nach bestimmten Jahreszeiten findet auch Statt durch den wechselnden Einfluß Indiens und Neuhollands. Es ist indeß dieser Windwechsel nicht ganz regelmäßig

und auch nicht sehr stark wahrnehmbar. Zwischen Südchina, Hinterindien und den Archipelen der Sunda- und Philippinen-Inseln herrscht abwechselnd und untermischt der Passat des großen Ozeans und der Monsun, welcher abhängig ist von der ungleichen Jahreserwärmung der hier zusammentretenden Inseln und Ländermassen. Es giebt daher hier viel Stürme und periodische Wirbelwinde, welche, nach der Insel Thay, mit dem Namen Thayfun belegt sind. Außerdem kommen noch überall an den Küsten Land und Seewinde vor, die von der ungleichen Erwärmung zwischen Land und Wasser bei Tage und bei Nacht entstehen; hierin zeichnet sich besonders Afrika vor allen anderen Welttheilen aus.

Wasserhose.

Der Kampf zweier in den oberen Luftregionen auf einanderstoßenden entgegengesetzten Winde erzeugt ein ganz eigenthümliches Naturphänomen, welches den Namen Trombe führt. Es bildet gewöhnlich einen mit den Scheitelspitzen zusammenhängenden Doppelkegel, wovon der obere mit der Spitze nach unten gekehrt aus einer elektrischen Wolkenmasse, der untere dagegen aus Wasser oder aus Sand und losem Erdreich besteht, je nachdem der Körper sich über Wasser oder Land erzeugt hat. Die Erscheinung erhält auch nach ihrer Wirkung den Namen Wasser-, Sand- und Windhose. Auf dem Meere ist ihre Kraft oft furchtbar groß, so daß es nicht an Beispielen fehlt, wo das gehobene Wasser zu einer Höhe von mehreren hundert Fuß emporragte. Meistens lassen sie auch ein sausendes, donnerartig tobendes Geräusch hören, lassen Blitze sehen und verbreiten einen erstickenden Geruch, wie man dies bei dem Einschlagen der Gewitter wol ver-

spürt. Zuweilen sind sie ganz unschuldiger Art und gehen über Schiffe, Häuser und Bäume hinweg, ohne ihnen zu schaden. Oft haben sie aber Schiffe vernichtet, Kanonen, Thiere und Menschen mit sich fortgerissen, Bäume entwurzelt und Häuser abgedeckt und umgestürzt. Sie kommen am häufigsten in der ohnehin sehr unheimlichen Region der Calmen, der Thayfune vor und halten sich mehr auf dem Meere als auf dem Lande, mehr an den Küsten als im offenen Meere auf. Gewöhnlich sind sie der Ausgang kleiner Stürme.

Die Ursachen zum Entstehen der sogenannten regellosen oder unbeständigen Winde sind gar nicht alle anzuführen, sie sind so häufig wie der Wechsel der Formationen der Erdoberfläche, wodurch ihre Richtung bestimmt und

Sandhose.

abgeändert wird. Wie verschieden sie übrigens durch lokale Einflüsse auch auftreten mögen, so ist doch soviel gewiß, daß ihnen die Ursachen zu den vorhin beschriebenen regelmäßigen Winden immer zu einer Hauptgrundlage dienen, an der allerlei Oertlichkeiten geändert haben.

Ueber die Geschwindigkeit der Winde ist auch viel geforscht worden. Unsere gewöhnlichen leisen Landwinde haben nur eine Geschwindigkeit von zwei bis drei Fuß in der Secunde, sie gehen also kaum so rasch wie der Mann bei kräftigem Schritte. Die Geschwindigkeit der Passatwinde ist an einigen Stellen 10 bis 15, an anderen 15 bis 20 Fuß in der Secunde, also wechselt sie so, daß auf die Stunde 1¼ bis 3 deutsche Meilen zu rechnen sind, sie erreichen daher noch nicht die Schnelligkeiten unserer Lokomotiven auf Eisenbahnen. Der Seemann, welcher sich natürlich am meisten für die Geschwindigkeit und darauf gestützte Stärke der

Winde interessirt, hat dafür den Kunstnamen Kühlte, er redet von fauler, labberer, frischer, steifer und fliegender Kühlte, um damit auf eine langsame, mittlere, stärkere, andauernde und sehr starke Geschwindigkeit der Winde hinzudeuten. Uebersteigt die Geschwindigkeit der Winde 30 Fuß in der Secunde, so redet man von Sturm; und übersteigt dieser 50 Fuß in der Secunde, so heißt er Orkan. Kraft beobachtete zu Petersburg am 24. März 1741 einen Orkan, der eine Geschwindigkeit besaß, welche zwischen 110 und 123 Fuß in der Secunde wechselte. Die verheerenden Wirkungen solcher furchtbaren Winde sind entsetzlich. Am 8. August 1749 brach über Schlesien ein Orkan aus, der in kurzer Zeit 17 Windmühlen umwarf und außerdem noch viel Unglück anrichtete. Im Jahre 1680 soll unweit Warschau ein Kirchthurm mit seinen Glocken und allem Zubehör von einem Orkan emporgerissen und auf ein entferntes Haus geschleudert worden sein. Am 7. Juni desselben Jahres stürzte ein Orkan in Frankreich mehrere Schlösser und Kirchen um und schleuderte einen Kirchthurm mit den Glocken 100 Schritt weit fort. Im Jahre 1766 den 13. August zerstörte ein wüthender Sturm auf Domingo 6 Kirchen von Grund aus, hob von 4 anderen die Dächer ab; es strandeten dabei 69 Fahrzeuge und 335 Menschen kamen ums Leben. Nach dem Orkan, welcher am 2. August 1837 einen Theil der westindischen Inseln verwüstete, sperrten die Trümmer von 36 Schiffen St. Thomas, das Fort am Eingange desselben war so zerstört, als ob es durch eine Batterie eingeschossen worden wäre; Vierundzwanzigpfünder waren von den Wällen heruntergerissen. In St. Bartholome wurden durch denselben Sturm 250 Gebäude vernichtet und von den 33 in Portorico vor Anker liegenden Schiffen konnten nicht vier gerettet werden, obschon man, durch das plötzliche und bedeutende Sinken des Barometers gewarnt, alle möglichen Vorsichtsmaßregeln getroffen hatte.

Die Stürme sind die Schrecken der Seefahrer. Man hat schon lange darüber nachgedacht, ob sich nicht eine in ihnen waltende Gesetzmäßigkeit herausfinden lasse, weil dann auch Menschenleben und Menschenhabe sich vor ihnen schützen ließen; das Bemühen ist aber bis jetzt nur von geringem Erfolg gewesen. Man hat wol namhaft machen können, wo und zu welchen Zeiten gefährliche Stürme und Orkane loszubrechen pflegen, indeß ist doch damit noch gar wenig genützt. Das meiste Verdienst hat sich der Oberst Ried in dieser Sache erworben. Seine Sturmlehre wird sehr geschätzt und bildet einen vortrefflichen Anfang zu einer gründlichen Erforschung der Sache. Er ist Gouverneur von Malta. Im Jahre 1831 erlebte er auf Barbados einen jener Orkane, welche schon öfter über die westindischen Inseln losgebrochen sind. Da kam ihm der Gedanke, daß es am Ende doch wol möglich sei, über die Wiederkehr und die Art des Auftretens der Stürme etwas Bestimmtes herausfinden zu können, sobald man nur auf bestimmte Tages- und Jahresbücher rechnen dürfe. Zunächst begnügte er sich mit dem bis dahin vorhandenen Material. Er durchforschte alle zuverlässigen Aufzeichnungen und Beschreibungen der Stürme, wie er sie vorfand in den Loggbüchern der englischen und amerikanischen Kriegsschiffe,

Ostindienfahrer und anderer Handelsschiffe erster Klasse, wodurch er die Möglichkeit erhielt, von bestimmten Stürmen nachzuweisen, wie weit sie sich erstrecken, um welche Zeit sie einen gewissen Längen- und Breitengrad erreicht, welche Richtung und Geschwindigkeit sie an dem einen und andern Punkte gehabt hatten. Das war eine sehr beschwerliche Arbeit, in der er nur noch von Riedfield zu New-York unterstützt wurde. Sie erweckte aber viel Aufmerksamkeit der betreffenden Behörden und berechtigte zu den besten Hoffnungen, so daß durch Ried's Anregung die Ostindische Compagnie den Kapitän Pidington ganz

Neuwerk in der Sturmnacht vom 1. auf den 2. Januar 1855.

besonders damit beauftragte, die Annalen der indischen Gewässer zu durchforschen. Aus der ganzen Untersuchung ergab sich, „daß sämmtliche Orkane der Tropengegenden nichts anderes als ungeheure Wirbelwinde von 100 bis 300 geographischen Meilen Durchmesser sind, und daß ihr wirbelnder Kreislauf südlich vom Aequator gleichsam der Bewegung des Uhrzeigers, nördlich vom Aequator dagegen der entgegengesetzten Richtung folgt; ferner, daß auf der nördlichen Halbkugel die Orkane ungefähr auf dem 15. Breitengrade aufspringen und dann in der eben beschriebenen Bahn in ungeheuren Kreisen nordwestlich bis zum 25. und 30. Grade fortlaufen, dort in ihrer Wuth nachlassen, eine Biegung

nach Nordost machen, in welcher Richtung sie immer in ihrer spiralförmigen Bewegung mit erneuter Wuth bis zum 50. Grade fortstürmen und dann zwischen dem 50. und 55° allmählich sterben. Auf der südlichen Halbkugel beginnt der Orkan ebenfalls auf dem 15°, geht südwestlich und biegt auf dem 25° nach Südost ab, bis er auf dem 50° aufhört." In unseren Tagen haben sich alle seefahrenden Nationen zu einer großen Gesellschaft vereinigt, um durch genau durchgeführte Loggbücher ein immer sichereres Material zum Forschen an die Hand zu geben. Unter anderm ist darin Maury ein sehr intelligentes belebendes Prinzip. Seine Physik des Meeres ist eine vortreffliche Frucht seines Eifers.

Auf großen freien Höhen, auf offenem Meere, auf ausgedehnten Ebenen müssen die Wirkungen der Winde natürlich immer am größten sein, weil ihre Kraft durch kein Hinderniß gebrochen wird. Wir richten in dieser Hinsicht nur einmal unsere Aufmerksamkeit auf die Steppenstürme des südlichen Rußlands, wovon uns Göbel eine vortreffliche Schilderung giebt, der wir folgen wollen. Diese Stürme wüthen Winter und Sommer mit gleicher Heftigkeit und brechen oft ohne alle Vorzeichen plötzlich los. Einen Sommersturm schildert Göbel mit folgenden Worten: „In einer Entfernung von etwa 500 Schritten von unserm Lagerplatze in der Kirgisensteppe — die Aule eines reichen Konduroffschen Tataren — befand sich ein ungefähr 100 Fuß langer kleiner Sandhügel, welcher plötzlich in Bewegung gerieth, wirbelnd eine immer höher werdende graue Wand bildete und nun majestätisch auf uns anrückte. Alles in der Nähe der Aule gerieth in Bewegung. Mehrere Tataren warfen sich auf Pferde und suchten einige große Schaf- und Rinderherden nach einer andern Richtung zu jagen. Die Pferde — es weideten deren über 1200 Stück beisammen — flohen in einem großen Haufen und beugten die zusammengesteckten Köpfe nach der Erde. Mehrere Tatarinnen rafften eilig die vor den Kibitken spielenden Kinder zusammen und brachten sie in die Jurten, so daß Alles in buntem Treiben durch einander lief. Wir spürten schon die Annäherung der kräuselnden Sandwand durch einen immer heftiger werdenden Luftstrom, als sie sich plötzlich wandte, seitwärts an uns und den Jurten vorbeizog und sich in der Steppe verlor. Obgleich wir nicht unmittelbar von ihr berührt worden waren, so hatte sie uns doch mit Sand bedeckt und unser Mittagsessen verdorben; denn unsere blechernen Teller, Schüsseln u. s. w. tanzten in lustigen Sprüngen in der Steppe umher, während wir mit uns selbst — wir waren hinter den Wagen geflüchtet — genug zu thun hatten, um nicht in den Kreisel gezogen zu werden. Die Steppe war in jener Gegend ohne alle eigentlichen Erhöhungen, und nur hier und da erblickte man einen kahlen Sandberg von 100 bis 300 Schritt Länge und 30 bis 40 Schritt Breite."

In diese Klasse von Stürmen gehört auch der Sirocco, Samum, Chamsin u. s. w. Wir finden darüber sehr interessante Belehrungen in Russegger's „Reisen durch Europa, Asien und Afrika." „Chamsin" bedeutet eigentlich „funfzig", weil die Araber sagen, daß dieser Wind ausschließlich während einer Periode von 50 Tagen wehe. Es fällt diese Zeit in die der Süd-

winde, also in die Monate April und Mai. Er wird mit dem Samum häufig verwechselt, von dem er doch wesentlich verschieden ist. Der Chamsin ist ein periodischer, an Jahreszeiten gebundener Wind, der stets aus Süd und Südost, seltener aus Südwest kommt. Seine Entstehungsweise und Ursache scheint rein elektrischer Natur zu sein, während der Samum ein in seinem Entstehen gewöhnlicher Sturm der Wüste ist, der sich an keine Zeit bindet und keine bestimmte Richtung hält, sondern oft aus ganz entgegengesetzten Weltgegenden kommt. Er ist durch seine Hitze, durch seine Gewalt als Sturm, durch die Menge von Sand und Staub, die er mit sich führt, furchtbar. Die Gefahr, die sich mit dem

Steppensturm.

Chamsin verknüpft, ist eine ganz andere, als die eines heißen, sandbringenden Sturms — häufig ist er sogar kaum ein Sturm — er besitzt vielmehr eine ihm eigenthümliche und wahrscheinlich in der außerordentlichen Anhäufung von Luftelektricität sich begründende, positiv schädlich auf den menschlichen Körper einwirkende Eigenschaft. Ist der Samum stark, so wird er als Wind der Wüste, indem er hinfahrend über den brennend heißen Sand sich sehr erhitzt, an und für sich fast unausstehlich und durch die Sandmassen, die er oft zu Bergen aufhäuft, den Karawanen wirklich gefährlich. Die Thiere werden wild, werfen ihre Ladung ab, der Mensch verliert die Besinnung wie auf hohen Bergen bei heftigen Schneestürmen, er

findet sich nicht mehr zurecht, er ermattet und erliegt zuletzt im Kampfe mit Hitze, Sand und Sturm. Der Chamsin dagegen ist eigentlich nur selten ein Sturm von längerer Dauer; sein Anfall ist bald vorüber, lange aber bleibt die Atmosphäre außerordentlich heiß (38 bis 40° R. im Schatten), die Luft ist erfüllt mit ganz feinem Sande, der überall durchdringt, gegen den keine Hülle, kein Fenster schützt; das Athmen ist erschwert, das Blut dringt zu Kopfe, und Personen, die sehr vollblütig sind oder schwache Nerven haben, laufen Gefahr, am Schlagfluß zu sterben. Die Chamsine folgen meist einer drückenden Hitze und die Luft ist jederzeit außerordentlich trocken. Fern am Horizont, meist in Südost, erheben sich dichte schwarze Wolken, denen bald feuerrothe folgen und mit ersteren eine Masse bilden, ganz ähnlich den aus einer brennenden großen Stadt aufsteigenden Feuerwolken. Ein fahles, röthlichgelbes Licht verbreitet sich, drückende Hitze, Windstille, eine peinliche Ruhe herrscht in der ganzen Natur. Thiere und Menschen verbergen sich. Ein dumpfes Brausen und Knistern läßt sich hören, die Wolken ziehen, sich auf der Erde hinwälzend, heran, und in einem Augenblick ist der Sturm da. Man befindet sich in einem Meere von Sand und Staub, gegen die man sich durch Verhüllen nur schwer schützt. In Aegypten enden die Chamsine meist ohne Regengüsse; nicht so in den südlicheren Breiten, wo überhaupt alle Erscheinungen derselben deutlicher und schärfer ausgesprochen erscheinen. Wahrscheinlich ist der Sirocco des südöstlichen Europas nur eine schwache Fortsetzung dieses grausenerregenden Phänomens.

Der Samum.

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATION

VIII.

Die Wasserphänomene des obern Luftkreises.

Regen. Verschiedenheit der Größe seiner Tropfen. Regenmesser. In der Tiefe fällt mehr Regen als in den oberen Regionen. Wechsel in der Wassermenge des Regens. Staubregen, Nebelregen, Platzregen, Wolkenbruch, Strich- und Landregen. Regen aus wolkenlosem heitern Himmel. Höfe, Nebensonnen und Nebenmonde. Vertheilung des Regens auf die Welttheile. Schnee. Wie derselbe entsteht. Schneeformen. Höhe der Schneelager. Schneegrenze. Hagel, Graupeln, Schloßen. Das Hagelwetter. Seine Verbindung mit dem Gewitter. Leopold von Buch's Ansicht.

Wir knüpfen unsere gegenwärtige Betrachtung wieder an die der Bildung von Thau, Nebel und Wolken, um die noch übrigen Wasserphänomene der Luft daran zu reihen. Die Unterbrechung war nöthig, um die Bewegung des Luftkreises kennen zu lernen, ohne welche das Folgende nicht klar erkannt werden möchte.

Die Wolken sind Nebel oder sichtbar gewordenes Luftwasser, welches von der Atmosphäre getragen wird. Denken wir uns nun, daß diese Wolken in einer mit luftförmigem Wasser stark erfüllten Atmosphäre sich bewegen, und es fehlt die oben bezeichnete Veranlassung nicht, daß immer neue Wolken gebildet werden, so erkennt man die Nothwendigkeit zum Eintreffen des Momentes, wo die Luft nicht mehr im Stande ist, die ausgeschiedenen Wassermassen zu tragen. Es fällt **Regen** aus den Wolken herab.

Die Luftschiffer und Bergreisenden haben die Erfahrung gemacht, daß die Regentropfen im Anfang ihres Falles, wo sie eben die Wolken verlassen, noch

sehr klein sind. Sie werden erst im weitern Verfolg ihres Weges durch fortgesetztes Ausscheiden und Ansetzen des Luftwassers zu der von uns gekannten Regentropfengröße. Bedenkt man nämlich, daß die Temperatur der Wolkenregion meistens eine sehr kalte ist, so müssen die aus dieser Region fallenden kalten Regentröpfchen bei ihrem Eintritt in die tieferen wärmeren mit Luftwasser erfüllten Schichten in derselben Lage sein, wie die im Winter aus der Kälte in die Stubenwärme gebrachten Gläser, Tassen, Löffel, welche beschlagen, das heißt, welche die sie berührende Luft so abkühlen, daß sie einen Theil des Luftwassers thauähnlich ausscheiden. Hieraus erklärt es sich denn auch, wie bei dem Heranziehen eines Sommergewitters die ersten herabfallenden Regentropfen eine so überraschende Größe besitzen; denn sie durchdringen eine noch gar nicht abgekühlte, mit Dunst gesättigte schwüle Gewitterluft auf den längsten Wegen, also treffen da alle Umstände zur Vergrößerung aufs günstigste zusammen. Fällt aber das Ungewöhnliche der Größe dieser ersten Gewitterregentropfen in unserer gemäßigten Zone uns schon auf, so setzt die Beobachtung der Tropenwelt in das höchste Staunen; denn hier sieht man oft Tropfen fallen, welche einen ganzen Zoll im Durchmesser haben, während sie bei uns selten die Dicke von 2 bis 3 Linien übersteigen. Der Grund hierzu liegt offenbar in der viel höhern Temperatur der Tropenluft, welche in eben dem Maße auch eine viel größere Menge Wasserdampf tragen kann; auch sind dort die Gewitterwolken viel höher als bei uns, so daß die fallenden ersten Tropfen verhältnißmäßig sehr kalt sind und einen längern Weg durch die gewitterschwüle Luft zu machen haben. Humboldt und andere Reisende der Tropenwelt erzählen, daß zur Zeit der periodischen Regen Menschen und Thiere Schutz suchen müssen vor diesem Tropfenfall, weil ihre Kälte und Größe einen sehr empfindlichen Schmerz auf der Haut erregen.

Um über die täglich, monatlich und jährlich fallende Regenmenge eines Ortes genau Rechenschaft ablegen zu können, hat man Apparate erfunden, welche das Zurückführen auf Zahlen möglich machen. Diese Vorrichtungen führen den Namen Regenmesser, Udometer und Ombrometer. Gewöhnlich bestehen sie aus einem Trichter, dessen obere Oeffnung genau einen Quadratfuß horizontaler Schnittfläche besitzt, während die untere Spitze in einem senkrechten Cylinderglase steckt, dessen horizontale Querschnittfläche genau einen Quadratzoll oder irgend einen andern genau bekannten aliquoten Theil von der obern Trichteröffnung ausmacht. Man giebt diesem Apparate dann einen festen Platz im Freien, der die Trichteröffnung ohne die geringste Ueberdachung ganz offen gen Himmel kehren läßt. Die Regenmenge mißt man gewöhnlich mit Hülfe einer längs des Cylinderglases angebrachten Eintheilung oder noch genauer durch das Gewicht und reducirt dieselbe auf ein senkrechtes Parallelepipedum, dessen Grundfläche die obere Oeffnung des Trichters ist. Die so berechnete Höhe des Körpers entspricht dann der Höhe des Regens auf der Oberfläche des betreffenden Ortes unter der Voraussetzung, daß derselbe hier unverändert stehen geblieben wäre, ohne abzulaufen, ohne verschluckt und verdunstet worden zu sein. Gewöhnlich

sind diese Instrumente so bequem eingerichtet, daß man durch ein bloses Ablesen der Zahlen, welche der Höhe entsprechen, schon zum Ziele gelangen kann. Horner hat jetzt Regenmesser in Vorschlag gebracht, welche, nachdem der Regen durch den Trichter gefallen ist, ein Räderwerk in Bewegung kommen lassen, so daß alles Messen und Zählen ganz ohne menschliche Beihülfe Nacht und Tag davon durchgeführt wird, und daß also der Beobachter nur zu notiren braucht. Der Regen fällt hier in ein pendulirendes Schiffchen, welches sich durch das Füllen und Entleeren hin und her bewegt und dabei das Räderwerk treibt.

Mit Hülfe eines solchen Regenmessers hat man sich nun zunächst davon überzeugt, daß über demselben Orte das Regenquantum in höheren Regionen kleiner ausfällt als in den tiefer gelegenen. So stellte Herberden einen solchen Apparat oben auf der Kirche der Westminsterabtei zu London auf, einen zweiten nicht weit davon auf der 20 Fuß tiefern Firste eines Hauses, einen dritten noch 14 Fuß tiefer, und er fand, daß die monatlich aufgefangene Regenmenge sich wie 5 zu 8 zu 10 verhielt. Dalton brachte einen Regenmesser in 150 Fuß Höhe an einem Thurme an, während ein anderer nicht weit davon auf der ebenen Erde stand, und er fand, daß im Sommer die obere Regenmenge sich zu der untern verhielt wie 2 zu 3; im Winter dagegen wie 1 zu 2. Auch in Paris hat man seit 1818 mit einem auf einer 30 Meter hohen Terrasse der Sternwarte und einem andern 27 Meter tiefer stehenden Regenmesser Beobachtungen angestellt, welche zu dem Durchschnittsresultate führten, daß jährlich die untere Regenmenge $\frac{1}{9}$ größer war als die obere. Auch hier hat man wie Dalton einen merklichen Unterschied zwischen Sommer und Winter herausgefunden. In den Monaten November und Februar war die untere Regenmenge fast um $\frac{1}{5}$ größer als die obere, dagegen war sie im Juli nur um $\frac{1}{20}$ größer. Uebrigens dürfen wir hierbei nicht unerwähnt lassen, daß wenn auch der Unterschied zwischen der untern und obern Regenmenge im Sommer immer viel geringer ausfällt als im Winter, die Tropfen des Sommerregens überhaupt größer sind als die der anderen Jahreszeiten. Worin liegt nun aber die Ursache zu der beständigen Ungleichheit in der obern und untern Regenmenge über demselben Orte? — Diese Frage ist sehr verschieden beantwortet. Einige waren der Meinung, daß die obere Luft mehr bewegt sei als die untere, und daher den ruhigen Niederfall des Regens mehr behindere als hier. Dagegen hat aber Arago ganz entschieden die Stimme erhoben, weil die Erfahrung gelehrt habe,

Regenmesser.

daß die Ungleichheit auch selbst bei windstillem Wetter noch dagewesen sei; auch hat er sehr scharfsinnig mathematisch nachgewiesen, daß diese Ungleichheit unmöglich aus einer ungleich bewegten Regenmenge entspringen könnte. Jetzt sieht man ziemlich allgemein die Temperaturverschiedenheit der oberen und unteren Luftschichten als die Ursache an, weil davon auch eine Verschiedenheit der Luft, Wasserdunst zu tragen, entspringen muß. Daß die höhere Luft immer kälter ist als die tiefere, sagt uns schon das bloße Gefühl, sobald wir nur einmal zu dem Gipfel namhafter Berge emporgestiegen sind. Das Thermometer zeigt diesen Unterschied noch genauer an und belehrt uns auch darüber, daß selbst bei kleinen Höhendifferenzen der Wärmeunterschied schon wahrnehmbar ist. So beobachtete Pictet 1783 zu Canterbury während einer heitern Sommernacht, daß ein 9 Fuß hoch über dem Boden aufgehängtes Thermometer 5½° C. höher stand, als das in 220 Fuß Höhe an der Kathedrale befestigte. Uebrigens merkt man auch bei dem meisten Regenfall eine Temperaturabnahme, welche doch sicher nur davon herrührt, daß er in kälteren Luftregionen entstanden ist. Humboldt sah einst zu Cumana bei dem Eintreffen eines Regens das Thermometer von 30° R. auf 21° R. herabsinken. Man will auch auf dem Wege der Beobachtung gefunden haben, daß nicht blos die Regenmenge in tieferen Luftregionen größer ist, sondern daß auch die Dauer jedesmal länger ausfalle.

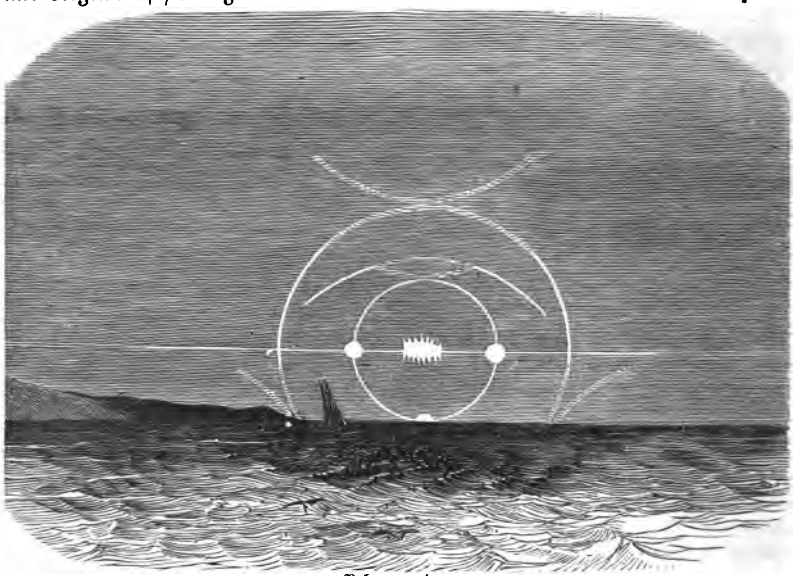
Die herabfallende Wassermenge während eines Regens ist immer einem sehr großen Wechsel unterworfen. Sie kann so gering sein, daß sie sich kaum messen läßt, während sie zu anderen Zeiten an demselben Orte fast einen ganzen Fuß Höhe erreicht hat. In Bombay fiel am 13. Juli 1827 eine solche Wassermenge vom Himmel, daß der Regenmesser mehr als 6¼ Zoll anzeigte; die Regengüsse wiederholten sich 10 Tage lang und gaben in Summa die Höhe von 3 Fuß 4 Zoll Wasser. Im Jahre 1820 fiel zu Cayenne in einer einzigen Nacht so viel Regen vom Himmel, daß, wenn das Wasser ohne zu verlaufen über der Oberfläche der Erde stehen geblieben wäre, dasselbe die Höhe von 10¼ Zoll erreicht hätte. Zu Genua fiel den 25. October 1822 während und nach einem starken Gewitter in Zeit von 22 Stunden 2¼ Fuß hoch Regen herab. Und in Genf war 1827 den 20. Mai bei einem drei Stunden andauernden Regen ¼ Fuß hoch Wasser gefallen. Den 21. September 1838 war zu Marseille ein starkes Gewitter, wobei in Zeit von 22 Minuten der herabfallende Regen schon 1¼ Zoll Höhe erreichte. Solche ungewöhnlichen, fast immer großtropfig auftretenden Regengüsse nennt man Platzregen und, wenn's sehr stark kommt, Wolkenbrüche, während diejenigen mit sehr feinen Tropfen den Namen Staubregen, Nebelregen erhalten. Der Regenfall in den Tropengegenden ist fast immer wolkenbruchähnlich, in den kalten Zonen dagegen beinahe immer nur nebelartig. Auch unterscheidet man Strich- und Landregen, je nachdem sich dabei der Regen auf kleine oder größere Strecken der Erde bezieht. Im Sommer 1856 machte ich eines Tages einen Spaziergang um die Stadt Braunschweig und verspürte kaum einige Tropfen Regen, als ich aber hierauf in die Stadt trat, so bemerkte ich zu meiner Verwunderung, daß es hier während der

Zeit sehr stark geregnet hatte. Der Strichregen hatte sich hier also auf den kleinen Raum von einer Stunde im Umkreis beschränkt.

So groß nun die Regenmenge auch zuweilen ausfallen mag, so schließt sie doch nie den ganzen von der Luft getragenen Wasservorrath in sich. In der Tropengegend ist der Regenfall bekanntlich immer sehr wasserreich. Humboldt beobachtete einst am Rio Negro bei 5stündigem Regen 1¼ Zoll Höhe des Regenwassers, ein anderes mal bei einem 3stündigen Regen 1⅛ Zoll. Die Temperatur der Luft war 25° R; bei dieser Wärme würde die Luft so viel Wasserdampf in sich tragen können, daß das Queckſilber im Barometer 10 Linien höher stände, als wenn die Luft ganz ohne Wasser gewesen wäre; das Queckſilber ist aber 14 mal schwerer als das Wasser, folglich müßte das Regenwasser, welches dem ganzen Luftwassergehalte entspräche, 14 mal 10 Linien, das sind 11¾ Zoll, Höhe betragen. Folglich hat die Luft bei jenem Regen nur $\frac{1}{140}$ ihres Wassergehalts verloren, die übrigen $\frac{9}{140}$ aber behalten. Ohnehin lehren uns auch die Hygrometer, womit man den Grad des von der Luft getragenen Wasserdampfes mißt, daß die untere Luft nach dem Regen meistens noch mehr Dunstwasser in sich trägt als unmittelbar vor dem Regen. Und dies ist auch ganz natürlich, denn wenn auch bei dem Durchfallen der kalten Regentropfen durch die untere wärmere Luft immer etwas Wasser ausgeschieden wird, so fehlt es ihr doch nicht an der Gelegenheit und Möglichkeit, diesen Verlust rasch wieder auszugleichen.

Zuweilen hört man darüber ein Befremden ausdrücken, daß es nicht zu begreifen sei, wie eine einzige Regenwolke so viel Wasser herabfallen lassen könne, ohne merklich an Umfang und Undurchsichtigkeit zu verlieren, daß sogar umgekehrt die Fälle gar nicht selten wären, daß sie sich während des Regnens noch vergrößere und dunkler werde. Darauf ist nun zunächst zu bemerken, daß man über die Größe und den Wasserinhalt der Wolken gar nichts Bestimmtes weiß und auch der Natur der Sache nach nichts Bestimmtes wissen kann; daher hat denn auch das Vergleichen des gefallenen Regens mit der regnenden Wolke gar keine sichere Basis. Dann darf aber dabei ja nicht außer Acht gelassen werden, daß fast jede Wolke einer beständigen Umwandlung unterworfen ist. Wir haben gerade diesen Punkt oben bei der Besprechung der Bildung der Wolken ganz besonders ins Auge gefaßt und das Nöthige davon mitgetheilt. Ist eine Wolke bei der Vorbereitung zum Regnen im Wachsen und in der Verdichtung begriffen, so liegt kein Grund vor, warum dies Wachsen und Verdichten während des Regnens aufhören solle, wenn die Ursachen andauernd dieselben bleiben. Eine solche Wolke ist nie eine in sich abgeschlossene Quelle des Regens, sondern eigentlich nur der Ort, wo das aus anderen Himmelsstrichen herbeigeführte Luftwasser zu Nebel und Regen ausgeschieden wird. Sie ist dem Brunnen zu vergleichen, dem es nie an Wasser fehlt, wie fleißig auch daraus geschöpft werden mag. Wer aufmerksam ist auf die Vorgänge bei einem Gewitter, sieht die Umwandlung der Wolken vor seinen Augen vor sich gehen. Da bilden sich oft mitten am klaren, blauen Himmel Wolken, welche durch die elektrische Anziehung und Abstoßung bald hierhin bald dorthin getrieben werden,

bald selbst größer werden, bald zur Vergrößerung anderer beitragen. Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß unsere Atmosphäre nie ganz ohne Elektricität ist, daß sie dieselbe um so mehr wirksam werden läßt, je lebhafter die Wolken, Nebel- und Thaubildung darin durchgeführt werden. In den Tropengegenden kennt man kaum andere Regen, als die mit Donner und Blitz auftreten. Es fehlt also die Grundlage zur elektrischen Anziehung und Verdichtung der Wolken fast nie. Zuletzt darf auch nicht außer Acht gelassen werden, daß mit dem Beginn und der Fortsetzung der meisten andauernden Regen ein Sinken der Temperatur verbunden ist, worin immer wieder eine neue Veranlassung zu Nebel-, Wolken- und Regenausscheidung vorkommt.



Nebenmonde.

Noch viel überraschender ist aber das Phänomen des Regens aus einem klaren, wolkenlosen Himmel. Wer davon zuerst hört, hat wenig Glauben für die Sache; er denkt eins jener Märchen zu hören, womit die Naturwissenschaft besonders zur Zeit des abergläubischen Mittelalters überwuchert war. Aber dennoch ist sie unleugbare Thatsache. Alexander v. Humboldt beobachtete auf seinen Reisen im amerikanischen Tropenlande einst einen Regen „bei ganz hellem Himmel mit auffallend großen aber nicht sehr dicht fallenden Tropfen.“ De Neveu erlebte zu Constantine einen solchen Regen aus unbewölktem heitern Himmel, welcher zehn Minuten andauerte. In Genf beobachtete Wortmann einen solchen Regen, der nur zwei Minuten währte. Sir James Roß berichtet, daß er am 20. Dezember 1839 auf dem südatlantischen

Ozean einen Regen ohne Wolken erlebt habe, welcher sehr heftig gewesen sei und eine volle Stunde angedauert habe. Auf ähnliche Weise beobachtete auch Kapitän Beechey diese wunderbare Naturerscheinung auf offener See. Das ist uns Beweis genug, das wirkliche Vorkommen des Phänomens nicht weiter in Zweifel zu ziehen. Gewährsmänner wie Humboldt, Roß und Beechey geben volle Sicherheit. Fragt man nun aber nach der Ursache, nach dem Aufschluß über die Möglichkeit eines solchen Wunderregens, so hält es sehr schwer, die Antwort herauszufinden. Eine recht befriedigende Erklärung fehlt uns noch ganz. Die Hypothese, welche Arago aufstellt, hält man für die glücklichste, obgleich er selbst davon behauptet, daß ihre Wahrscheinlichkeit noch auf schwachen Füßen ruhe. Es ist nämlich eine allgemein bekannte Thatsache, daß bei uns an den wolkenfreien, sonnigen, scharf kalten Wintertagen oft feine Eisnadeln langsam vom Himmel fallen; auch hält man's nicht blos für wahrscheinlich möglich, sondern für eine fast ausgemachte Gewißheit, daß in den oberen Luftregionen der ausgeschiedene Wasserdunst zu allen Jahreszeiten häufig in dieser Form von sehr feinen Nädelchen gefroren vorkomme und schwebend von der Atmosphäre getragen werde; denn die Phänomene der Mond- und Sonnenhöfe, der Nebensonnen und Nebenmonde finden nach Hygenius scharfsinniger Erklärungsweise den Haupthalt in der Voraussetzung der Eisnadeln. Auch weiß man, daß im Winter gerade in den stillen kalten Sonnentagen, wo die Eisnadeln aus der Luft fallen, die Nebensonnen sich zeigen, so daß dies Phänomen sehr wahrscheinlich eine Wirkung der Strahlenbrechung des Sonnenlichtes in den Eisnadeln ist. Arago meint nun, daß vielleicht die Regentropfen ohne Wolke aus diesen Nadeln gebildet würden. „Sollte eine Annäherung dieser beiden Phänomene," fragt er, „nicht auf den Weg der gewünschten Erklärung führen? — Waren die großen Tropfen in den höchsten Regionen der Atmosphäre nicht ursprünglich ganz kleine, außerordentlich kalte Eisparzellen, später tiefer unten durch Zusammenballung tüchtige Graupen, noch tiefer unten geschmolzene Graupen oder Wasser?" Dann fügt er aber rasch hinzu, damit man auf seine Ansicht ja nicht voreilig zu viel Gewicht legen möge: „Wohlverstanden, diese Muthmaßungen sind hier nur in der Absicht mitgetheilt, um den Gesichtspunkt anzugeben, aus welchem diese Erscheinung studirt werden könnte, um vorzüglich unsere jungen Reisenden anzuregen, sorgfältig aufzumerken, ob während dieses sonderbaren Regens die Regionen des Himmels, aus welchem er herabfällt, nicht einige Spuren eines Hofes darbietet. Ließen sich solche Spuren entdecken, wären sie auch noch so schwach angedeutet, so wäre das Vorhandensein von Eiskrystallen in den hohen Regionen der Atmosphäre dargethan." Dieser Erklärungsversuch verdient der sorgfältigsten weitern Beachtung. Bedenkt man, daß schon über Deutschland die Höhe der sogenannten Schäfchenwolken eine ganze Meile gefunden worden ist, und daß mitten im Sommer alles tropfbar flüssige Wasser schon bei 8000 Fuß Höhe zu Eis gefroren auftreten muß, so verliert die Voraussetzung der atmosphärischen Eisnadelkrystalle alles Befremdende. Auch weiß man durch wirkliche Messungen, wie gerade in dieser hohen Region der zartesten

Federwolken die Polarlichter, die Lichthöfe für Mond und Sonne, die Nebenmonde und Nebensonnen gebildet werden. Dann sind auch die Gelehrten, welche die Bläschengestalt des ausgeschiedenen Luftwassers in Abrede stellen, zu der Meinung gezwungen, daß fast alle Regentropfen in den oberen Regionen zuvor Eisnadeln, Schneeflocken und Hagelkörner gewesen sein müssen, ehe sie auf der Oberfläche der Erde als Wassertropfen erscheinen können.

Nebensonnen.

Gehen wir nun von dem Speziellen zu dem Allgemeinen über, werfen wir einen umfassenden Blick auf die helfenden Ursachen des Regens für das Erdganze, so haben wir zunächst zu berücksichtigen, daß die Luft überall da um so mehr Wasserdünste tragen kann, wo sie mehr erwärmt ist, woraus also folgt, daß unter übrigens gleichen Umständen die jährliche Regenmenge von den Polen nach dem Aequator hin zunehmen muß, und daß dieselbe in den höheren Luftregionen geringer sein muß als in den tieferen. Dann ist auch die Bewegung der Luft ein sehr zu berücksichtigender Faktor der Regenbeförderung, der Regenbehinderung. Kommt die Luft über See zu einem Lande, so bringt sie Regen mit, geht sie vom Lande zur See oder gar wieder zu Lande, so ist sie viel begieriger, Feuchtigkeit in sich zu verschlucken als Regen fallen zu lassen. Zuletzt darf auch die Ausdehnung,

Lage, Höhe, Steigung und Senkung der Erde in den einzelnen Erd- und Landestheilen nicht aus dem Auge verloren werden, weil sie es gerade sind, welche der Luft mit dem strengen Rechte der Naturgesetze den herbeigeführten Wasservorrath abzufordern haben, um damit die Quellen ihrer Bergwasser und Flüsse zu speisen und den Wäldern, Feldern und Fluren den befruchtenden, erquickenden Regen zu reichen.

Wir wollen nun unser Nachdenken vorzugsweise dem zuletzt erwähnten Punkte zuwenden, weil durch ihn die beiden anderen ihre Berücksichtigung schon mit bekommen. Man erkennt sogleich, daß in dieser Beziehung kein Erdtheil unter so günstigen Verhältnissen zum Regen und überhaupt zu dem Luftwasser steht als Südamerika auf seiner Osthälfte. Denn die Nordost- und Südostpassate, welche auf ihren immer wärmer werdenden Seewegen die günstige Gelegenheit, sich mit Wasserdunst zu versorgen, nicht unbenutzt vorübergehen ließen, kommen über ein Land, welches sich langsam aber immer höher und höher bis zu der Riesenhöhe der Andeskette erhebt und gerade durch diese gesteigerte Erhebung ihnen den mitgebrachten Wasservorrath abnimmt, um damit die hier vorkommenden größten Flüsse der Erde immer reichlich speisen zu können. Wärme und Wasser sind die Grundbedingungen eines kräftigen Pflanzenwuchses, daher übertrifft die Vegetation des tropischen Amerika's Alles, was wir auf Erden kennen. Hier durchkreuzen sich die von beiden Hemisphären kommenden Passate und bilden dadurch die gewaltigen Tropenregen, welche durchschnittlich jährlich 90 Zoll Luftwasser geben, zu San Louis und de Maranhao sogar 283 Zoll. Da die Passate hier aufsteigend sind, so kommt ihr eigentlicher Conflict immer erst in den oberen Regionen vor, und es ist klar, daß die daraus hervorgehenden periodischen Regen für jeden Ort von dem jedesmaligen Stand der Sonne abhängig sind, woher es sich denn auch erklärt, daß die Tropenregen fast immer nur bei dem Durchgange der Sonne durch den Zenith des Ortes eintreffen, und also zwischen den Wendekreisen überall zwei mal des Jahres vorkommen müssen; auch folgt aus dem Sonneneinflusse als Haupturſache der aufsteigenden Luftbewegung, daß die Tropenregen auch Tagregen sein müssen und die Erfahrung hat das vollkommen bestätigt, denn die Reisenden können nicht genug die Pracht der sternhellen klaren Nächte rühmen, welche den furchtbaren Regengüssen der Tage regelmäßig zu folgen pflegten. Humboldt bespricht gerade diesen Punkt der amerikanischen Tropenwelt mit sehr lebhaftem Interesse und hebt besonders hervor, wie man daselbst nicht blos das Eintreffen der Jahresregen, sondern auch das der Tagesregen mit regelfester Bestimmtheit vorherzusagen wisse, wie selbst die Geschäfte und die gesellschaftlichen Zusammenkünfte schon im Voraus nach den Jahres- und Tagesperioden des Regens geordnet werden. War nun für Südamerika das auf der Westseite emporsteigende hohe Gebirge die Hauptveranlassung, daß dem Südost- und Nordostpassate allmählich aller Wassergehalt und alle Wärme entzogen wurde, so ist's eine ganz natürliche Folge, daß sie auf der andern Seite der Andeskette als regenarme und kalte Oberwinde ankommen müssen. Hieraus erklärt es sich denn auch, wie es

möglich ist, daß die am stillen Meere gelegene Landesstrecke von der Parniaspitze bis weit über den Wendekreis Chilis hinüber ganz ohne Regen bleiben kann. Die Bewohner dieser regenlosen Gegend kennen ihr Geschick und haben ihr Thun und Treiben so sehr auf die ewig herrschende Dürre eingerichtet, daß sie es sogar für ein stark gefürchtetes Unglück ansehen, wenn der Himmel einmal eine Ausnahme von der Regel macht und ihnen Regen schickt; ihre Wohnungen und ihre ganze Lebensweise sind auf keinen Regenfall berechnet. Der Mensch findet sich in Alles und ist ewig ein Sklave der Gewohnheit. Die angeborene Noth wird hier nie so drückend gefühlt als der Fingerzeig zu ihrer Abhülfe.

Nordamerika besitzt ebenfalls eine dem Regenfall günstige Lage und Reliefstructur. Die Südostpassate des südlichen atlantischen Oceans, welche Südamerika nicht getroffen haben, bringen als hervorragende Süd- und Südwestwinde eine reiche Segenfülle an Regen und Wärme über diesen Welttheil und speisen damit die Quellen der großen Weltströme Mississippi, Missouri und Lorenzo und geben dem ganzen Lande die bekannte Kraft der Fruchtbarkeit. Uebrigens treffen in dem Meerbusen von Mexico noch allerlei Störungen des Nordostpassats ein, wodurch allen Küsten und Inseln des Meerbusens ebenfalls ein regenreicher Seewind zu Theil wird. Aber auch hier bildet die Fortsetzung der Andeskette eine den Seewinden entgegengesetzte Scheidewand, so daß auf der Westseite derselben, besonders im nördlichen Mexico abermals ein regenarmer Wüstenstrich anzutreffen ist.

Richten wir unsere Aufmerksamkeit nun auf Afrika, so ist zunächst klar, daß hier der Nordostpassat als ein trockner Landwind gar keinen Regen bringen kann, daß ferner der Südostpassat des indischen Meeres seinen Wassergehalt schon früh, ehe er tief ins Land eindringen kann, an die hier zusammengehäuften Gebirgsmassen abzugeben hat, und dann als trockner und austrocknender Wind über das große Innere dieses Erdtheils hinwegstreichen muß. Und wenn dann auch rund um Afrika her durch das tropisch erhitzte Innere überall lokale Seewinde erzeugt werden, so können sie ihr mitgebrachtes Luftwasser doch immer nur auf kurze Strecken mit sich führen, weil sie überall erst die Höhen von Gebirgszügen zu übersteigen haben, welche ihnen ihren Regenvorrath abnehmen, oder auch über glühendheiße Landflächen hinweg zu wandern haben, die mehr zum Verdunsten und Festhalten des Dunstwassers als zum Ausscheiden desselben beitragen können. Das giebt uns die Gründe an, warum gerade dieser Welttheil ein wüstenreiches, regenarmes Innere besitzen muß. Das Zusammentreffen zwischen dem Nordostpassate und Südostpassate findet weder auf dem indischen Ocean noch in Afrika nach den soeben angeführten Gründen statt wahrnehmbar Statt, aber dennoch fehlt die Erhebung des Südostpassats und ein Kampf desselben mit Landwinden und den Gebirgsformationen nicht, und aus eben diesem Grunde werden auch in Südafrika die Tropenregen verspürt, wenn auch nicht in der Fülle und Regelmäßigkeit wie in Südamerika. Die Region der Calmen, die eigentliche Heimat der periodischen Regen ist vielfach zerrissen

und liegt etwas nördlich vom Aequator, daher trifft der erste Tropenregen für Abessynien erst im April ein und bringt den Nil nur wenig zum Steigen; dagegen ist bei der zurückkehrenden Sonne im September der Regenfall so stark und andauernd, daß dadurch die bekannten Ueberschwemmungen des genannten Stromes bewirkt werden. Senegambien und Guinea liegen in der Region der atlantischen Calmen, welche übrigens von einem durch das heiße Innere erzeugten untern, dem Lande zugekehrten Luftstrome beherrscht werden, wodurch es kommt, daß gerade die genannten Länderstrecken einen gesegneten Regenfall bekommen, der Flüsse und eine üppige Vegetation erzeugen und unterhalten kann. Weniger günstig für den Regen ist die Küstenstrecke von Kap Negro 18° s. B. bis 26° s. B., weil hier meistens der Südostpassat des atlantischen Oceans regiert und also die Luftwasser vom Lande hinwegführt. Darin liegt der Grund der regenarmen Wüste Hochel. Die noch südlicher gelegenen Länderstrecken haben aber wieder Regen, weil sie unter dem Einflusse des zurückkehrenden obern Passat's stehen, welcher seine Wasser aus der nördlichen Tropengegend des atlantischen Oceans nimmt. Dadurch erhält der Orangestrom seine Wasserfülle. In Nordwesten und Norden kommen Afrika gar wenig regenbringende Winde zu, theils wirkt hier der vom Lande hinwegziehende Nordostpassat, theils ein vom Mittelmeer kommender Nordwind, der aber seine Feuchtigkeit an die gebirgigen Küsten absetzt und bei seinem Weiterziehen unter dem Einflusse beständiger Temperaturerhöhung steht, der alle Hoffnung zu Regen vernichtet. Alle diese Umstände geben die Veranlassung zu der hier vorkommenden größten Wüste der Welt. Hier herrscht die größte Hitze, welche wir auf Erden kennen, wozu der pflanzenlose Erdboden, der Mangel an Flüssen, Seen und Regen, die unendlich großen Sandlager in der Nähe des Aequators die Ursachen abgeben. Aber dennoch giebt es hier verhältnißmäßig sehr kalte Winter und selbst überraschend kalte Nächte. Die Reisenden, welche die Wüste Sahara besucht haben, sahen das Thermometer über Nacht oft bis auf 0° herabsinken, obgleich sie am Tage die enorme Hitze von 40 bis 50° C. zu ertragen gehabt hatten. Der Grund hierzu liegt aber auf der Hand, wenn man das nicht außer Acht läßt, was wir oben bei den Vorgängen der Thaubildung zur Sprache gebracht haben, denn der ewig wolkenlose Himmel läßt hier eine nächtliche Wärmeausstrahlung ohne Wärmegewinn zu, wie dies in der Welt nur denkbar ist. Regenmangel ist der Hauptcharakterzug dieser Wüste. Thaubildung ist der einzige Ersatz, woher es denn kommt, daß sich in diesem Sandmeere ein Archipel von Oasen erhalten kann. Nach Oudney's Bericht über die südlich von Tripolis gelegene Wüste, können wol bisweilen schwere Regengüsse an einzelnen Orten eintreten, indeß ereignet sich dies doch sehr selten, so daß nur nach einem Zwischenraume von 5 bis 6, ja 8 Jahren ein solcher Fall eintrifft. Die ganze Wüste hat nicht einen einzigen Fluß; sie sendet keinen weder zum mittelländischen noch zum atlantischen Meere, keinen nach dem Nil, Niger oder Tschadsee. Quellen kommen selten vor, häufiger sind Brunnen, die man dem spärlichen Regen- und Thauwasser, welches sich in den Vertiefungen ansammelt, verdankt; oft trocknen aber auch diese aus und täuschen die Hoffnungen

der dürstenden Karawanen. Die Oasen werden von den Arabern mit poetischen Farben als Orte des Paradieses geschildert, sie sind es aber nur im Vergleich mit der umgebenden Wüste. Der Pflanzenwuchs ist kümmerlich und einförmig. Die Dattelpalme herrscht vor, von ihr werden Wälder gebildet, an die sich das ganze Dasein der Bewohner knüpft; denn die Datteln sind ihr Brod, das Futter ihrer Pferde und Kameele.

Europa liegt ganz unter dem Einflusse des südlichen atlantischen Passats, der, nachdem er seine Oberreise durchgeführt, als unterer Südwest- und Westwind über das Land hinwegstreicht und dasselbe mit Wärme und Wasser erquickt. Auch ist die Reliefformation dieses Erdtheils dem tiefen Einführen dieser wichtigsten Lebensquellen aller organischen Schöpfungen sehr günstig. Denn nur im hohen Norden treten dieser Luftströmung die skandinavischen Küstengebirge entgegen, deren regenverzehrender Einfluß aber durch die Ostsee wieder ausgeglichen wird. Die Gebirgszüge in Portugal und Spanien liegen mehr in der Richtung dieser Regenwinde, als daß sie sich ihnen schroff entgegenstellten. Und zwischen beiden liegt mit geringer Ausnahme nur Flachland. Ohnehin besitzt dieser Erdtheil auch noch die der Regenbildung günstige Contourformation. Halbinselartig vom Meere umflossen und davon durchschnitten, läßt es auch da noch lokale Regenwinde entstehen, wo die Weltwinde nicht ankommen können, oder erschöpft sind. Aus diesem Grunde hat ganz Europa nicht eine einzige wirkliche Wüste, nicht einen einzigen regenlosen Landstrich. Fehlen ihm daher auch die großen Weltströme, womit die anderen Erdtheile gesegnet sind, so besitzt es dafür mittelgroße Flüsse in verhältnißmäßig großer Zahl und in der gewünschtesten Vertheilung über alle Gebiete. Dies alles hat die Erfahrung als wahr herausgestellt, und selbst die Zahlen, welche die Regenmesser seit einer Reihe von Jahren geliefert haben, sprechen günstig für die Theorie. So ist die durchschnittliche jährliche Regenmenge in England 32, in Westfrankreich 25, in Ostfrankreich 22, in Germanien 20, in Ungarn 17, in Ostrußland 14 Zoll gefunden, also gerade so, wie die Hauptrichtung der Regenwinde es wahrscheinlich gemacht hat. Auf ähnliche Weise läßt sich auch eine Regenabnahme in der Richtung von Süden gegen Norden erkennen, nur ist diese Reihenfolge durch die zwischen liegenden bald günstigen bald ungünstigen Gebirgs- und Thalzüge mit mancherlei Unregelmäßigkeit verknüpft. Die durchschnittliche jährliche Regenmenge ist in Genua 44, in Turin 24, in Genf 30, in Lausanne 37, in Zürich 32, in Tübingen 23, in Karlsruh 24 Zoll. Der regenreichste Ort von ganz Europa liegt in Portugal am westlichen Fuße der Sierra d'Estrella; es ist dies das Thal Mondego, in welchem die Universitätsstadt Coimbra liegt. Nach Schouw ist hier der Jahresregen durchschnittlich 135 Z., in den nassen Jahren 1816, 1817 war diese Regenmenge sogar 225 Zoll. Den stärksten Gegensatz hierzu bildet die Hochebene Madrid's, wo jährlich nur 10 Zoll Regen fällt; es ist dies zugleich der regenarmste Ort von ganz Europa.

Asien hat im Ganzen genommen ein regenarmes wüstes Innere, weil hier hin weder die unteren noch die oberen Seepassate gelangen können, und weil ihm

auch die Meereseinschnitte fehlen, welche an günstige lokale Regenbildung denken ließen. Auf der Westseite hat Europa schon Alles vorweggenommen, auf der Nordseite herrschen die regenarmen kalten Nordwinde, auf der Südseite bilden die Himalayagebirge und die Bergketten Chinas den wasserbringenden Seewinden einen unübersteiglichen Damm und auf der Ostseite haben die von oben herabkommenden Südwestpassate eine vom Lande hinwegziehende Richtung. Centralasien muß daher ein regenarmes Land sein; die großen Wüsten Gobi und Schaschin, die öden Sandufer der Seen in Turkestan, die gewaltigen Steppenstriche sind Beweis genug für die Richtigkeit unserer Folgerung. Ganz anders verhält es sich aber mit den tropischen Inseln und Halbinseln und mit den südlichen und südöstlichen Saumländern dieses großen Welttheils. Hier ist eine Fülle von Regen und Wärme, wodurch der indische Pflanzenwuchs sich in einer Größe und Intensität zeigt, wie selbst das tropische Südamerika es kaum aufzuweisen im Stande ist. Auf dem indischen Archipelagus treffen sich die aus beiden Hemisphären kommenden, reich mit Luftwasser beladenen Passate und bilden die schwülen Gewittercalmen; hier regieren die Nordost- und Südwest-Monsune, je nachdem Südafrika oder Südasien stärker erwärmt ist und dem Zuge der Luft den Weg weist, wodurch Hindostan und Cochinchina bald auf der Ostseite bald auf der Westseite den tropisch warmen Regenfall erhält. Da liegen die Punkte, wo der Regenfall die allergrößte Höhe erreicht. Südlich von Bombay zu Mahabaleschwar steigt die jährliche Regenmenge auf 302 Zoll. Die bis jetzt beobachtete größte jährliche Regenmenge kam 1851 in Bengalen zu Cherraponjie vor, sie betrug $572\frac{7}{10}$ Zoll, wobei noch zu bemerken, daß in den 5 Monaten von November bis Ende März so gut wie gar kein Regen vom Himmel fiel. Und dieser Regenreichthum wird selbst noch bis zu bedeutenden Höhen hinauf den Gebirgen zu Theil. In Katmandu in einer Höhe von beinahe 10,000 Fuß, fallen jährlich noch 51 Zoll Regen. Daraus erklärt sich denn auch die Möglichkeit, wie die großen Stromgebiete des Euphrat und Tigris, des Indus und Ganges, des Irawaddy, Thalnayn, Meam, May-Kaung, der Yan-tse-kiang und Hoang-ho einen nie abnehmenden gewaltigen Wasserüberfluß besitzen können.

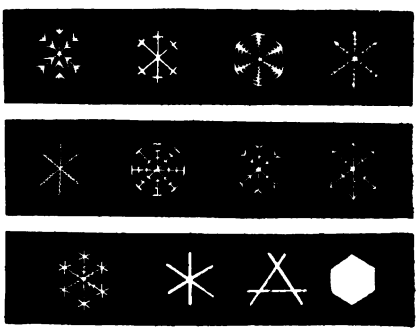
Ueber Neuholland ist unser geographisches Wissen noch unsicher und mangelhaft. Wir wissen nur so viel, daß die Strandgebirgszüge ähnlich wie bei Afrika dem Eindringen der Regenwinde ungünstig gelegen sind. Es ist wahrscheinlich sein Inneres eben so regenarm und wüstenreich wie Afrika. Es liegt ganz außerhalb der Calmenregion, also fehlen ihm die periodischen Tropenregen. Auf der Westseite herrschen Monsune, welche wechselweise dem Lande Regen zu oder abführen. In Süden kommen die von oben herabkehrenden ursprünglichen Nordostpassate, welche als Nordwestwinde recht gut Regen bringen könnten, wenn sie nur nicht schon zuviel davon bei ihrem Uebergange über den asiatischen Archipel und bei ihrem Durchgange durch die indische Calmenregion eingebüßt hätten.

Schnee ist krystallinisch gefrorener Regen. Ein so kurzgefaßter Erklärungs-

satz will nicht recht genügen und dennoch hält es schwer, einen ausführlichern und bessern dafür an den Platz zu stellen. Und in der That, will man recht aufrichtig sein, so dürfte man das Geständniß nicht unterdrücken, daß wir noch sehr wenig Bestimmtes wissen über das Phänomen der Schneebildung. Wir können unsere Theorien über Thau-, Nebel-, Wolken- und Regenbildung durch Versuche unterstützen und außer Zweifel stellen, wir können auch Wasser künstlich zum Gefrieren bringen, wir vermögen es aber nicht, Schnee zu erzeugen. Hier beruht Alles noch auf Hypothese. Die Natur zeigt uns ihr fertiges Schneegebilde, versperrt uns aber überall den Weg, sobald wir noch tiefer einsehen wollen in die Werkstatt, wo sie wirkt und schafft. Nur einige Male haben wir das Glück gehabt, die Natur zu belauschen, sie so zu sagen auf der That zu ertappen. Als im Jahre 1736 unter Maupertuis Oberleitung eine Gesellschaft von Gelehrten nach dem schwedischen Lappland gereist war, um den langjährigen Streit über die wahre Gestalt unserer Erde durch eine Gradmessung in der Nähe des Pols schlichten zu helfen, so erlebten diese Männer zu Torneå solch eine grausenhafte Winterkälte, daß ihnen das Queckfilber im Thermometer gefror, und wenn sie die Thür ihres stark geheizten Zimmers öffneten, so verursachte die eindringende kalte Luft jedes mal „einen dicken wirbelnden Schneefall" im Innern. Die kalte Luft schied hier offenbar nicht blos Wasser aus der warmen Stubenluft, sondern sie brachte dasselbe auch unmittelbar bei seinem Austritt in Krystallform. In einer deutschen Hauptstadt, erzählt uns J. Meyer in seiner astronomischen und physikalischen Geographie, ward einst bei heftiger Kälte ein Concert gegeben: der Saal war bis zum Ersticken gedrängt voll Menschen und da die zugefrornen Fenster sich nicht öffnen lassen wollten, so zerschlug ein Offizier rasch einige Glasscheiben, um frische Luft einzulassen; in demselben Augenblicke sah man es aber im Saale lebhaft schneien, obgleich draußen auch nicht eine einzige Schneeflocke fiel. Man sollte nun das, was hier der Zufall herbeigeführt hat als Fingerzeige benutzen, um der Sache durch Versuche noch mehr auf die Spur zu kommen. Es folgt aus den eben mitgetheilten Beispielen, daß der Schnee sich bildet, wenn sehr kalte Luft in warme stark mit Wasserdunst erfüllte Räume eindringt. An Beispielen für den umgekehrten Fall, wo eine Schneeausscheidung vorkommt, wenn warme mit Wasserdunst gesättigte Luft in das winterkalte Freie strömt, fehlt es uns auch nicht, obgleich sie beiweitem nicht so schlagend sprechen. Der warme Hauch aus unserm Munde gefriert am Barte zu Reif; die Oeffnungen und Ritzen in den Thüren, Fenstern und Luken der Viehställe sind bei strenger Winterkälte aus demselben Grunde mit Schneesäumen eingefaßt. Vielleicht läßt sich bei Betrieb der Lokomotiven im Winter auch noch auf Erfahrung rechnen, welche Licht über die Sache bringt.

Man pflegt nun gewöhnlich anzunehmen, daß die Veranlassung zur Schneebildung eben so gut durch das Eindringen von warmer mit Wasserdunst erfüllter Luft in stark unter Null abgekühlte Lufträume, als umgekehrt durch das Eindringen kalter Winterluft in warme Lufträume gegeben sein kann.

Damit ist aber auch wieder nicht viel mehr gesagt, als daß es zu schneien pflege, wo die Veranlassung zum Regnen unter Winterkälte auftritt, oder daß der Schnee krystallinisch gefrorener Regen sei. Man nimmt auch gewöhnlich als Regel an, daß das Schneien immer nur bei einer wenig unter Null gelegenen mäßigen Winterkälte vorkommen könne. Diese Milde suchte Green als Folge der wieder frei und fühlbar werdenden latenten Wärme anzusehn, welche dadurch entstehe, daß das Wasser aus den luftförmigen Aggregatzustand plötzlich in einen festen übergehe, wogegen man aber später sehr heftig das Wort erhob. Denn wenn wirklich bei diesem Akt des Condensirens, Wärme frei werden müßte, so würde sich diese doch sicher nicht lange in den unteren Räumen aufhalten können, weil sie dem Naturgesetze unterthan wieder nach oben steige. Auch sind gerade die entgegengesetzten Beispiele gar nicht selten, daß an einem mild erwärmten zum Regen gestimmten Luftort plötzlich ein eiskalter Wind einfällt und dann nicht blos den Regen in Schnee umwandelt, sondern auch eine, andauernden Frost bringende Kälte erzeugt. Uebrigens kann es auch schneien bei sehr starker Winterkälte. So erzählt Maupertuis mit Grausen von dem Staubschnee, welcher bei der in Lappland erlebten furchtbaren Kälte von dem wolkenlosen Himmel herabgefallen sei, und der eine solche Feinheit gehabt habe, daß er durch alle Ritzen und Fugen in das Innere der Zimmer gedrungen sei und sie sogar in ihren Betten nicht verschont habe. Dasselbe erzählen alle die Berichterstatter der Nordpolexpeditionen. Aber dennoch ist dieser Schneefall bei strenger Kälte seltener; auch hat die Erfahrung ergeben, daß der Schnee um so feiner und staubartiger ausfällt, je tiefer die Temperatur herabgesunken ist. Der eigentliche Flockenschnee fällt in der That immer nur bei einer um wenige Grade unter Null gelegenen Wintertemperatur. Auch weiß man, daß sich nur bei dieser gelinden Kälte die bekannten schönen Krystallfiguren des Schnees bilden, auf welche zuerst Kepler die allgemeine Bewunderung lenkte und herausfand, daß sie sechsseitige Sterne formiren, und aus Eisnädelchen zusammengesetzt seien, die unter einfachen und vielfachen Winkeln von 60° aneinander treten. Am meisten und genauesten hat Scoresby die verschiedenen Schneeformen untersucht und gefunden, daß alle dem Bergkrystalle ähnlich zu dem hexogenalen Krystallsysteme gehören. Man zählt jetzt nicht weniger denn 100 verschiedene Formen.



Schneekrystalle.

Je milder und ruhiger das Winterwetter während des Schneiens ist, um so größer und vollständiger fallen die Flocken aus, um so lockrer legt sich aber auch seine Masse auf einander. Musschenbroek erzählt von einem Beispiele,

wo ein solcher 24 Zoll hoher lockerer Schnee, nach dem Schmelzen nur 1 Zoll Wasser auf derselben Grundfläche gegeben habe. Durch strenge Kälte und andauerndes Liegen wird der Schnee aber allmählich dichter, so daß er schon in 5 bis 6 Zoll Höhe 1 Zoll Wasser geben kann. Der Einfluß des Wetters bewirkt in dem Schnee eine stark in die Augen springende krystallinische Umwandlung, er wird zu grobkörnigem Firn und zuletzt zu massenhaft zusammenhaltendem Eis, eine Wahrnehmung, wie wir sie alljährlich bei dem Ausgange des Winters an den verwitterten Schneeresten in den Gräben machen können, die aber in den Hochgebirgen die Grundbedingung zur Gletscherbildung ist.

Die Höhe, in welcher der Schnee sich auf der Erde über einander lagert, ist sehr verschieden und hängt von gar vielen lokalen und zufälligen Umständen ab. In den schweizerischen hochgelegenen Alpenthälern ist es gewöhnlich, daß die Winterschneedecke 5 bis 8 Fuß Höhe besitzt. In New-York schneiete es 1741 zwei Tage lang ununterbrochen, wobei die Schneehöhe auf 16 Fuß stieg. Von mehreren Gebirgsgegenden werden Beispiele erzählt, wo die Schneemassen die Häuser ganz vergraben haben, so daß die Bewohner sich nur durch Ausgänge aus den Dachluken oder durch unterirdische Minenwege eine Communication verschaffen konnten. Uebrigens richtet sich die Schneemenge an den verschiedenen Orten immer nach der durchschnittlichen Günstigkeit derselben zur Regenbildung, so daß z. B. die Westküste Norwegens im Winter eben so ungemein viel Schnee bekommt, als im Sommer Regen.

Die Grenze des sogenannten ewigen Schnees liegt unter dem Aequator nahe an 16,000 Fuß hoch über dem Meere, sie senkt sich von hier nach den beiden Polen immer mehr herab, so daß sie in den Alpen der Schweiz nur noch 7 bis 8000 Fuß hoch ist, und in Island wenig über 3000 Fuß beträgt. Früher nahm man gewöhnlich an, daß diese Schneegrenze auch selbst an den Polen nicht ganz zur Meeresfläche herabsteige, jetzt weiß man aber durch James Roß's unmittelbare Erfahrung, daß sie wenigstens auf der südlichen Hemisphäre schon unter dem 67. bis 71. Breitegrade die Erdoberfläche schneidet; und auf der nördlichen Erdhälfte ist ein solcher Durchschnitt auch wahrscheinlich, nur liegt er gewiß dem Pole noch bedeutend näher, denn bei Mageroe 71° n. B. liegt dieselbe noch 2220 Fuß über dem Meere. Diese Schneegrenze ist abhängig von der Stärke der Sommerwärme des betreffenden Ortes. Es giebt aber noch eine andere, welche abhängig ist von der Stärke der Winterkälte, von der man im Allgemeinen sagen kann, daß sie vom Aequator an, sich in noch viel rascherm Verhältniß zur Meeresoberfläche herabzieht. Reicht in der Nähe von Quito die Winterschneegrenze um 3600 Fuß tiefer herab als die Sommerschneegrenze, so ist in Mexiko dieser Unterschied sogar schon 8000 Fuß. Das Zusammentreffen dieser Schneegrenzencurven mit der Erdoberfläche wird durchschnittlich auf den 30. Breitengrad festgestellt, indessen reicht derselbe in Europa doch bis 36° hinauf, und Muncke ist sogar geneigt, dasselbe noch um 7½° nördlicher hinaufzurücken, so daß es in den Breitengrad von Florenz fiele. Man weiß aber, daß es in Rom fast alle Winter noch etwas schneiet; im Winter 1846

bis 1847 lag der Schnee sogar mehrere Fuß hoch; ja es fehlt nicht an Beispielen, wo es sogar noch in Palermo geschneit hat. In dem schneereichen Winter 1841 bis 1842 lag der Schnee zu Valencia handhoch zu Granada sank das Thermometer auf 4° unter Null und zu Sevilla überzog sich ein Teich mit einer 1¼ Zoll dicken Eisfläche. Es liegt in der Natur der Sache, daß alle diese Angaben über die Sommer- und Winterschneegrenzen schwankend ausfallen müssen. Bleiben wir einmal bei der Sommerschneegrenze stehen, so erreicht dieselbe auf dem Himalayagebirge im Süden nur die Höhe von 12,180 Fuß, auf der Nordseite dagegen 15,600 Fuß; ferner ist auf der Ostseite der Cordilleren dieselbe 14,940 Fuß, auf der Westseite aber 17,380 Fuß. Eine solche Ungleichheit hat wol hauptsächlich ihren Grund darin, daß zugleich die Seiten dieser Gebirge, welche an ihren Fußpunkten am meisten Regenniederschlag haben, auch zugleich in ihren oberen Regionen am meisten Schnee bilden, so daß die Sommersonne auf der einen Seite eine viel größere Schneemasse zu schmelzen hat, als auf der andern. Aber dennoch ist in Europa die Sache gerade umgekehrt, da liegt die Schneegrenze auf der regenreichern Südseite merklich höher als auf der andern. Der M. Rosa hat z. B. auf der Südseite die Schneegrenze 9500 Fuß, auf der Nordseite dagegen nur etwas über 8000 F.; auf der Südseite der Pyrenäen ist die Grenze des ewigen Schnees 9380 Fuß, auf der Nordseite nur 8260 Fuß; wenn der Aetna seinen Schnee zuweilen gar nicht verliert, so geschieht dies immer nur auf der Nordseite. Wahrscheinlich reicht hier der regenbringende südwestliche Oberwind selten bis an die Spitze dieser Gebirge, während der kalte von Norden kommende Oberwind dem Einflusse der Sommersonne kräftig entgegenwirkt. In Norwegen tritt aber wieder ein ähnliches Verhältniß ein, wie bei den Bergriesen in Asien und Amerika; es ist nämlich hier an der regenreichern Westseite die Schneegrenze 2200 Fuß, auf der Ostseite dagegen 3300 Fuß. Der Grund bleibt auch hier derselbe wie dort.

Jetzt noch ein Wort vom Hagel. Man unterscheidet zwei Arten desselben. Die eine ist schneeweiß undurchsichtig, die andere hat nur einen undurchsichtigen Kern aber eine glasige äußere Umhüllung. Beide nähern sich bald mehr bald weniger einer kugelrunden Form. Die Körner der ersten Art heißen Graupeln oder Rieseln und kommen abwechselnd von der Größe der Mohnkörner bis zu der der Erbsen vor. Die Körner der andern Art heißen Hagel und Schlossen. Sie sind es, welche unsere Landwirthe mit Recht so sehr fürchten; ihre Größe beginnt mit der einer Erbse, steigt aber auch oft zu der eines Taubeneis. Im Jahre 1822 den 7. Mai entlud sich über Bonn ein furchtbares Gewitter, wobei Röggerath einige Hagelkörner von 12 Loth Gewicht auffammelte. Am 9. Juni desselben Jahres ereignete sich zu Trient ein noch viel entsetzlicheres Gewitter, wobei die größten Hagelkörner nicht weniger als 16 Unzen wogen.

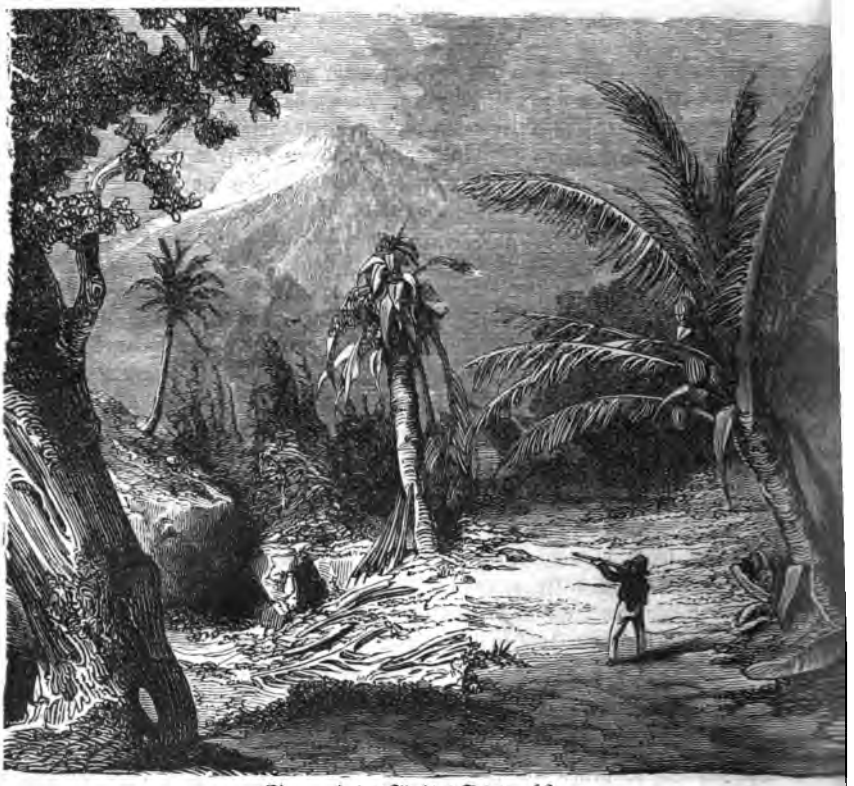
Das eigentliche Hagelwetter ist ein gar wunderliches, sehr gefürchtetes Phänomen. Es ereignet sich in Gegenden und Jahreszeiten, wo die Tagestemperatur schwül und drückend und unheimlich windstill ist, wo Niemand an Schnee und Eis denkt, wo die Fluren am reichsten mit Getreide und jungen Früchten ge-

segnet sind. Die gewöhnlich niedrige Gewitterwolke, welche dasselbe herbeiführt, hat eine beängstigende grollende Stille und eine häßliche gelblich graue Farbe, zerrissene Säume und ist in der Mitte an mehreren Punkten unförmlich aufgebläht; näher herangerückt erzeugt sie einen Wirbelwind, auch läßt sie vor ihrem Ausbruch ein Zischen, Brausen und Rasseln hören, als müßte sie sich der Klapperschlange ähnlich zu ihrem vernichtenden Streiche erst innerlich giftig vorbereiten. Nachdem sie dann einige Blitze durch die Luft gezuckt und die Erde mit mächtigem Donner erschüttert hat, läßt sie gemeiniglich erst einzelne, dann rasch mehr und mehr Regentropfen senkrecht und schwer herabfallen. Darauf wird Blitz und Donner, Wirbelwind und Rasseln immer heftiger, man fühlt es plötzlich eiskalt werden. Da erscheinen die ersten Schlossen; anfangs kaum wahrnehmbar einzeln, dann aber immer dichter und dichter, so daß zwischen ihnen kaum noch Regen zu erkennen ist. Das ist das eigentliche Hagelwetter, welches meistens nur wenige Sekunden dauert, zuweilen aber auch wol 4 bis 5 Minuten anhält.

In der Schweiz will man aus langjährigen Beobachtungen die Regel abgeleitet haben, daß es in den warmen von Osten nach Westen streichenden Thälern wie Wallis, Aosta, Unterengadin wenig oder gar nicht hagelt. Daraus wollte Leopold von Buch die merkwürdige Folge ziehen, daß überall in den engen heißen Thälern wo Cretins und Kröpfe häufig vorkommen, Hagelwetter selten sei. So merkwürdig eine solche Behauptung auch klingen mag, so scheint sie doch ziemlich genau mit der Wirklichkeit überein zu stimmen.

Die Physiker haben sich schon lange bemüht, eine befriedigende Theorie der Hagelbildung herauszufinden, sind aber bis jetzt immer noch nicht zum Ziele gelangt. An Erklärungsversuchen hat man's allerdings nicht fehlen lassen, indeß ist man doch nirgends zu einem vollkommen genügenden Resultate gekommen. Nur darin hat man sich geeinigt, anzunehmen, daß bei diesem räthselhaften Naturproducte die Elektricität der Luft eine wesentliche Hauptrolle mitspiele. Die meiste Beachtung hat Volta's Hageltheorie gefunden, von der wir die Grundzüge mittheilen wollen. Er kam dazu durch den elektrischen Kugeltanz. Hängt man nämlich an den Conductor der Elektrisirmaschine eine Metallscheibe horizontal auf, und bringt einige Zoll tiefer eine zweite in gleicher Lage an, welche aber nicht wie jene mit dem Conductor, sondern mit der Erde in gut leitender Verbindung steht, legt dann auf die untere Platte einige Hollundermarkkügelchen und setzt die Maschine in Bewegung, so fangen die Kügelchen an, sich hüpfend zu bewegen. Sie werden von der obern elektrisch gemachten Metallscheibe angezogen, empfangen von dieser Elektricität, werden damit wieder zur untern Platte zurückgestoßen, der sie ihre mitgebrachte Elektricität abgeben, wodurch sie wieder auf's Neue von der obern Platte angezogen werden. Der Versuch geht eben so gut und zum Theil noch besser von Statten, wenn man die Vorrichtung so getroffen hat, daß in den beiden Platten zu gleicher Zeit entgegengesetzte Elektricität wirksam ist. Es ist nun eine durch die Erfahrung längst erkannte Thatsache, meinte Volta, daß während der Ge-

witterbildung Wolkenschichten über einander stehen, die mit entgegengesetzter Elektricität erfüllt sind, und daß dabei der Prozeß der Regentropfenbildung vor sich geht. Diese Tropfen treten dann an den Platz der Hollunderkügelchen, sie werden zwischen den beiden Gewitterwolken, welche die Function der Metallscheiben übernehmen, auf und nieder bewegt, wobei sie bis zum Gefrieren abgekühlt und durch beständige Niederschläge des Luftwassers fortwährend vergrößert werden, bis ihre Gewichtsvergrößerung zuletzt das Hinabfallen zur Erde bewirkt. Man sieht, das Ganze ist leicht faßlich und hat viel Wahrscheinliches für sich, daher fehlt es ihm auch nicht an gläubigen Anhängern. Doch wird dieser Theorie jetzt entgegengestellt, daß die Annahme, Wolken für die Metallscheiben an den Platz zu setzen, eine durchaus ungerechtfertigte sei; denn wenn man für die untere Platte nur einmal Wasser an den Platz brächte, so gehe der elektrische Kugeltanz schon gar nicht mehr vor sich, und man wisse doch, daß der Zusammenhang der Wolken noch viel geringer sei als der des Wassers. Auch sagt man mit Recht, wenn einmal die eine elektrische Wolke so viel Anziehung habe, Wassertropfen von der untern emporzuziehen, so sei nicht zu begreifen, warum sie diese Anziehung nicht auf die übrigen Theile ausdehne und allmählich die ganze Wolke an sich reiße. Ferner sind schon sehr oft Bergreisende mitten in den Gewitterwolken gewesen, welche Hagel zur Erde geworfen haben, es hat aber noch Niemand den elektrischen Kugeltanz der Hagelkörner mit Augen gesehen. Doch ungeachtet dieser und noch mehrerer anderen Gründe der Unhaltbarkeit dieser Hageltheorie hielt man doch fest daran und ging sogar so weit, Hagelableiter in Vorschlag zu bringen. Diese bestanden aus aufgerichteten Stangen, welche wie die Blitzableiter oben mit Metallspitzen versehen waren, die gut leitend mit der feuchten Erde in Verbindung standen. Diese Ableiter wurden gewaltig gepriesen, so daß man selbst von seiten der Regierung geneigt war, ihr Anlegen anzuordnen. Als nun aber die Sache zur Begutachtung der Sachverständigen vor die Akademie der Wissenschaften zu Paris kam, so fiel das Resultat so ungünstig aus, daß man sogar vor der Herrichtung solcher Schutzmittel warnen mußte. Volta sah sich zuletzt selbst veranlaßt, seine Stimme gegen den Unfug laut werden zu lassen. „Die Enthusiasten," sagt er in seinem fünften Briefe über elektrische Meteorologie, „haben sich nicht begnügt, zu verkünden, daß von nun an die mit Blitzableitern versehenen, so wie die umliegenden Häuser nichts mehr vom Wetterschlage zu fürchten haben werden, sondern sie sind noch viel weiter gegangen, sie glauben, oder wollen doch den Anderen glauben machen, daß man durch Vervielfältigung dieser Vorrichtungen in Städten und auf dem Lande dahin gelangen werde, die Gewitter, wenn auch nicht völlig abzuleiten, doch gewiß dermaßen zu schwächen, daß sie ohne schädliche Wirkung vorübergehen könnten, und daß unter anderm die Bildung des Hagels nicht mehr Platz greifen werde. Von den Verfechtern dieser ausschweifenden Meinung will ich nur Herrn Bertholon nennen. Dahin führt die ungemessene Sucht zu generalisiren!"



Eingang in das Thal des Todes auf Java.

IX.

Die Chemie der Luft.

Die Luft, die wir athmen, ein Nahrungsmittel für's Leben der organiſchen Geſchöpfe auf Erden. Der Anfang unſerer gegenwärtigen Chemie. Die Entdeckung des Stickſtoff's durch Rutherford. Verſchiedenheit von der Kohlenſäure. Die Entdeckung der reinen Luft, welche von Lavoiſier den Namen Oxygen oder Sauerſtoff erhielt. Man erkannte, daß dieſelbe einen Beſtandtheil der Atmoſphäre ausmache und daher auch mit dem Namen Lebensluft belegt werden könne. Beſtrebungen, die atmoſphäriſche Luft durch Zuſatz an Lebensluft zu verbeſſern. Das Eudiometer. Die Gewinnung des Sauerſtoff's. Verſuche mit demſelben. Die Kohlenſäure der Luft. Das Giftthal auf Java. Der Waſſergehalt der Luft wirkt wie die Luft ſelbſt und das alte Hygrometer wollte nicht mehr ausreichen. Die Hygrometer von Daniell und Auguſt. Das Athmen. Beſchreibung der Luftröhre, Stimmritze und der Lunge. Das Athmen ein eigentlicher Verbrennungsprozeß. Vergleich mit einem Ofen. Die Vorgänge zum Fettwerden und die des Abmagerns. Die Pflanzenwelt verwandelt die Kohlenſäure wieder in Sauerſtoff. Beziehung der Pflanzenwelt zur Thierwelt. Wo bleibt der Waſſerſtoff? Das Ozon der Luft ein activer Sauerſtoff.

Bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts war es eigentlich Niemand in Gedanken gekommen, daß unsere Luft auch einen Einfluß ausüben könne auf das innere organische Leben der Menschen, Thiere und Pflanzen. Die ganze Aufmerksamkeit der Gelehrten war bis dahin immer nur darauf gerichtet, die Luft als eine der Schwerkraft unterworfene Materie zu erkennen, die im Stande sei, Wolken zu bilden und zu tragen, aus denen die Erde den erquicklichen Regen und Thau erhalte, in denen sich Gewitter, Hagel, Schnee, Wind und Stürme entwickelten, welche für Menschenleben und Menschenhabe so leicht Gefahr bringend sein konnten. Man suchte und fand die hierzu passenden Naturgesetze und bereicherte sich damit. Daß aber die Atmosphäre in ihrer innern chemischen Zusammensetzung auch ein nothwendiges Nahrungsmittel zum Leben sei, wie Wasser und Brod, daran dachte noch kein Mensch. Dieser Gedanke ist neu, er gehört ganz unserer Zeit an, und besitzt eine sehr große Wichtigkeit, so daß Niemand sich zu den Gebildeten zählen darf, der ihm nicht tief und gründlich nachgedacht hat. Unsere heutige Chemie, welche mit vollem Recht als eine der bedeutendsten Wissenschaften bezeichnet wird, beginnt ihre erste rationelle Begründung eigentlich erst mit der Chemie der Luft.

Im Jahre 1772 sperrte Rutherford zufällig eine lebende Maus in einen abgeschlossenen kleinen Luftraum. Es überraschte ihn, daß das Thier nur kurze Zeit darin leben blieb. Noch viel höher stieg seine Verwunderung als er eine zweite Maus in denselben Raum brachte und sah, wie diese augenblicklich darin erstickte. Damals wußte man schon, daß in dem Luftraume, wo Thiere und Menschen erstickten, auch kein Licht brennen wollte, daher war es natürlich, daß Rutherford ein angezündetes Licht in den Raum hielt, in welchem soeben ein Thier erstickt war. Das Licht erlosch augenblicklich, wie das Leben der zweiten Maus. Alles dies machte unsern Naturforscher sehr glücklich und er trat mit großer Freude damit an die Oeffentlichkeit. Er nannte die neu entdeckte Luftart nach ihrer Hauptwirkung Stickgas, ein Name, der bis auf den heutigen Tag beibehalten ist.

Als die anderen Gelehrten von diesem neuen Gase hörten, glaubten sie zuerst, es sei sehr wahrscheinlich die von Helmon schon 30 Jahre früher entdeckte Kohlensäure, in der auch kein Thier leben und kein Licht brennen könne. Indeß nach genauerer Untersuchung stellte sich heraus, daß das neue Gas wol mit etwas Kohlensäure verbunden sei, wenn indeß diese davon getrennt ward, so blieb immer noch eine Luftart übrig, in welcher Thiere erstickten und Lichter auslöschten. Diese Versuche lehrten also zugleich, daß der Prozeß des Athmens mit dem des Brennens sehr große Aehnlichkeit besitze und der eine für den andern an den Platz treten könne.

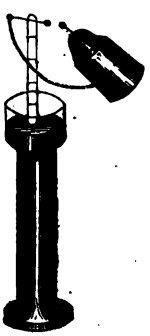
Neben dieser Entdeckung waren auch noch mehrere andere gemacht. Man hatte eine von aller Stickluft befreite reine atmosphärische Luft herausgefunden, in der Alles in viel vollkommnerm Maße verbrannte als in der gewöhnlichen Luft, man hatte das Wasser in seine beiden Bestandtheile zersetzt, wovon der eine jene reine Luft, der andere eine höchst entzündliche Gasart war,

welche nirgens fehle, wo in der Welt nur irgend ein Flammenfeuer zum Vorschein komme. Doch lagen alle diese schönen Entdeckungen zerstreut umher, es fehlte noch der Vereinigungspunkt, der Alles zu einem zusammengehörigen Ganzen verarbeitete. Dies Verdienst sollte dem großen Lavoisier aufbewahrt bleiben. Durch ihn ward auf einmal Licht in das Dunkel der Wissenschaft gebracht. Er verbrannte Kohle, Schwefel, Phosphor in der reinen Luft und bildete Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und seine dabei benutzte, sehr empfindliche Wagschale bewies, daß das Gewicht aller dieser Säuren jedesmal genau um so viel größer war, als das der reinen Luft betrug, daher kam er auf den glücklichen Gedanken, daß die reine Luft das eigentlich sauermachende Princip sei, und gab ihm daher den Namen Sauerstoff oder Oxygenium. Ob diese Benennung eine glückliche zu nennen ist, muß sehr in Frage bleiben, da man jetzt weiß, daß es eine große Menge Säuren giebt, welche gar keinen Sauerstoff in sich schließen, auch umgekehrt eine Menge Sauerstoffverbindungen, welche keine Säuren sind. Einst verbrannte er auch Phosphor in abgesperrter atmosphärischer Luft und fand mit Hülfe seiner Wage, daß die nach dem Prozeß erhaltene Phosphorsäure genau so viel an Gewicht zugenommen hatte, als die atmosphärische Luft davon verloren. Das war ein sehr folgenreicher Versuch, er schloß hieraus, daß der Phosphor aus der atmosphärischen Luft nichts Anders als den Sauerstoff geholt habe, daß derselbe auf Kosten dieses Stoffes nur habe brennen können, daß also die atmosphärische Luft eine Zusammensetzung aus Sauerstoff und Stickstoff sein müsse. Das war eine geniale Hypothese von der allergrößten Wichtigkeit. Lavoisier wurde bewundert, wurde vergöttert und das nicht blos von seiner so leicht entzündlichen und hochbegeisterten Nation, sondern auch von den ernsten Deutschen und den noch bedächtigeren Engländern. So kam auf einmal Licht in das tiefe Dunkel der Luftchemie. Man erkannte nun plötzlich den nothwendigen Zusammenhang zwischen Ursach und Wirkung. Alles Brennen, alles Säuren, alles Leben in der Atmosphäre geschah mit Hülfe des Sauerstoffgehaltes derselben. Die Atmosphäre kam durch diesen Stoff auf einmal in den Rang der Nahrungsmittel fürs Leben der Menschen und Thiere. Sobald man indeß erkannt hatte, daß der reine Sauerstoff ein so wichtiges Element des Lebens für den Menschen sei, so sann man auch überall auf Mittel, die atmosphärische Luft dadurch zu verbessern, daß man sie immer reichlicher mit dieser Gasart ausrüstete. Die Krankenzimmer besonders wurden damit sehr sorgfältig gesättigt; Erstickte, Erhängte, vom Blitz Getroffene suchte man mit dieser Lebensluft wieder zu beleben. Der Sauerstoff wurde ein höchst wichtiges Medicament der Aerzte. Doch stellte sich gar bald heraus, daß man hier nicht auf dem rechten Wege sei. Denn wenn man Thiere in diese Lebensluft brachte, so zeigten sie für einen Augenblick wol eine lebhafte Erregsamkeit ihres Organismus, aber sie starben bald am Blutsturz, an der Ueberfülle des Lebensstoffes. Man überzeugte sich bald, daß der Stickstaff die Rolle der wohlthätigen Verdünnung zu übernehmen hatte, wie das Wasser bei dem Wein. Brachte man über brennende Kerzenlichter auf Wasser Gläser, wovon das eine mit Sauerstoff, das andere mit atmosphäri-

scher Luft angefüllt war, und also das eine Licht nur in Sauerstoff das andere nur in atmosphärischer Luft brannte, so erkannte man sogleich, daß das erste viel intensiveres Licht entwickelte als das andere, aber auch fünfmal so rasch von der Flamme verzehrt ward. Wäre es also möglich, daß der Mensch in reinem Sauerstoff leben könnte, welches aber nach wirklich angestellten Versuchen nicht geht, so würde sein Körper auch fünfmal so rasch verbraucht, und in einem Alter von 12 Jahren hätte ein Knabe schon einen eben so abgelebten Körper wie ein Greis von 60 Jahren.

Die Natur hat auch weise dafür gesorgt, daß die Verdünnung nie fehlt. Alle freie Atmosphäre ist ganz nach demselben Verhältniß aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengemischt, so daß in je 100 Raumtheilen 79 Theile Stickstoff und 21 Theile Sauerstoff zusammengefügt angetroffen werden. Dies Verhältniß haben die Bergreisenden auf den höchsten Gipfeln der Gebirge, die Grubenleute in den tiefsten Schachten bestätigt gefunden. Gay-Lussac brachte Luft mit aus der höchsten Höhe, welche von Menschen je erreicht worden ist und untersuchte dieselbe mit seinem Freunde Alexander v. Humboldt und sie fanden denselben Satz bestätigt, daß die Luft immer nach demselben Verhältniß gemischt sei, also auch überall gleich athembar wäre. Sie benutzten dazu das von Volta erfundene Eudiometer, welches auf folgende Weise eingerichtet ist.

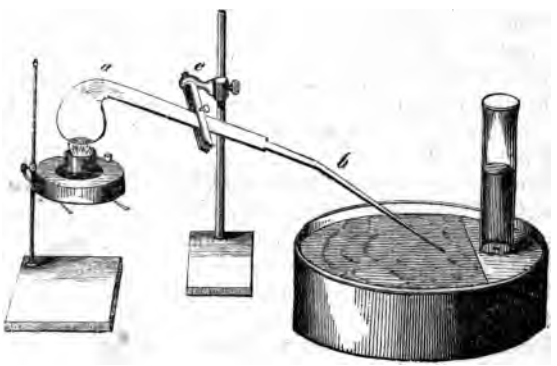
Es gehört hierzu ein mit Queckſilber gefülltes etwas weiteres Gefäß, in welches eine unten offene, starke, graduirte, engere Röhre paßt, die oben verschlossen ist und hier zwei eingeschmolzene Platindrähte besitzt, welche sich im Innern wenig oder gar nicht berühren. Bei dem Gebrauch füllt man die graduirte Röhre mit der zu prüfenden atmosphärischen Luft und thut etwas Wasserstoffgas hinzu, darauf läßt man mit Hülfe einer Verstärkungsflasche einen kleinen elektrischen Funken durch die Drähte gehen, dieser entzündet augenblicklich das Wasserstoffgas auf Kosten des Sauerstoffgases in dem Gemeng und zwar streng nach dem Verhältniß, daß zu je zwei Volumen Wasserstoff ein Volumen Sauerstoff kommt. Kannte man daher genau die Volumenmenge des Wasserstoffs, so konnte man nach dem Versuche auch angeben, wie viel Sauerstoff er in dem Gemeng gefunden hatte. Angenommen, die atmosphärische Luft in der graduirten Röhre habe 100 betragen, das Wasserstoffgas 50, so wäre das Gemeng 150 Raumtheile groß gewesen. Nach der Entzündung schwände das Ganze auf 87 Raumtheile also wären 63 Raumtheile zu Wasser geworden, d. h. es hätten sich so viele Theile Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser verdichtet. Hiervon muß nun jedesmal der dritte Theil Sauerstoff gewesen sein, das ist ein festes stöchiometrisches Gesetz, und der dritte Theil von 63 ist 21; also waren in den 100 Theilen atmosphärischer Luft 21 Theile Sauerstoff, die übrigen 79 Theile mußten Stickstoff sein.



Eudiometer.

Prieſtley, der erste Entdecker des reinen Gases, das durch Lavoiſier

den Namen Sauerstoff erhielt, entwickelte dasselbe aus Salpeter; man fand indeß bald heraus, daß dieses Gas immer noch etwas mit Stickstoff gemengt sei, welcher sich zugleich mit aus dem Salpeter entband. Später wußte man den Sauerstoff viel reiner aus dem rothen Queckſilberoxyd zu entwickeln und diese Methode ward auch von Lavoiſier benutzt. Mit ihr wollen wir uns jetzt bekannt zu machen ſuchen. Das rothe Queckſilberpräcipitat beſteht eigentlich aus nichts Anderm, als aus Sauerſtoff, der ſich mit Queckſilber verbunden hat; ſobald dieſer Stoff ſtark erhitzt wird, geht er in einen flüchtigen Zuſtand über, wobei ſich der Sauerſtoff wieder von dem Queckſilber trennt. Man thut das rothe Queckſilber in eine kleine Retorte a, welche mit einem Entbindungsrohr b verſehen iſt, wodurch das Gas bis unter die Brücke der pneumatiſchen Wanne geleitet wird, um in einer mit Waſſer gefüllten Flaſche aufgefangen zu werden. So wie nun unter die Retorte mit Vorſicht die Spiritusflamme gebracht wird, um das Ganze ſtark zu durchglühen, ſo ſieht man oben im Halſe das metalliſche Queckſilber ſich anſetzen und das Gas in die vorgelegte Flaſche entweichen. Iſt die Retorte etwas größer, ſo pflegt man zum beſſern Auffangen des Queckſilbers auch wol noch eine kleine Zwiſchenflaſche anzubringen, damit daſſelbe, ehe es in die pneumatiſche Wanne kommt, abgeſchieden werden kann. In neuerer Zeit pflegt man den Sauerſtoff aus dem chlorſauren Kali zu entwickeln, man erhält ihn dann auch ziemlich rein, aber in viel größerm Maße und viel billiger. Man thut das Salz in eine ähnliche Retorte, erhitzt dieſelbe bis ſein Inhalt geſchmolzen iſt und fängt dann das frei werdende Sauerſtoffgas auf.



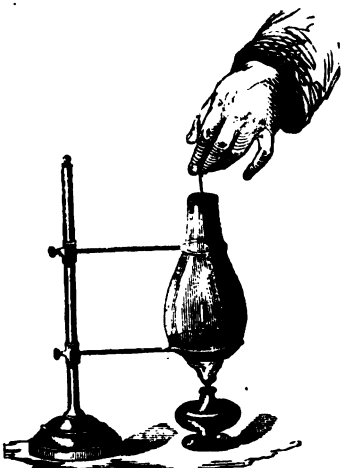
Darſtellung des Sauerſtoff's.

Dieſe Luftart erſcheint für den erſten Augenblick von der gewöhnlichen atmoſphäriſchen Luft nicht verſchieden; ſie iſt durchaus geſchmack- und geruchlos; ihr Gewicht, das etwa um ein Viertel größer iſt als dasjenige der atmoſphäriſchen Luft, macht ſie aber ſchon als eine andere Gasart kenntlich. Auffallendere Unterſchiede zeigten ſich aber bei Verbrennungsverſuchen, welche man in ihm vornimmt.

Bringt man in eine mit Sauerſtoff gefüllte Flaſche ein angezündetes Stück Feuerſchwamm, ſo brennt derſelbe mit einer lichten Flamme. In blos atmoſphäriſcher Luft mag man den Schwamm noch ſo viel durch Blaſen oder auf andere Weiſe anfachen, man bringt ihn nie zur Flamme. Wird in ein ſolches

ein Fidibus gehalten, an dem nur noch ein glimmender Funken sitzt, so ge- augenblicklich in Flamme; das vermag die bloße atmosphärische Luft t. Der Sauerstoff hilft wesentlich, den Prozeß des Brennens zu steigern. löschtes Kerzenlicht, an dessen Dochte nur noch ein glimmendes Fünkchen wieder an zu brennen, wenn es in Sauerstoff getaucht worden ist. n eines solchen Lichtes ist dann auch viel intensiver als in atmosphä- chwefel brennt in Sauerstoff mit einer sehr hellen blauen Flamme. n atmospärischer Luft eine kaum merkliche matte Flamme beim igt, entwickelt in dem Sauerstoff eine solche Lichtstärke, daß das n geblendet zu werden droht. Der schönste Versuch von allen ist aber wo man Eisendraht in Sauerstoff verbrennt. Man wickelt zu dem Zweck den Draht, der möglichst dünn sein muß, zu einer Spirale zusammen, bringt unten in die Spirale etwas Feuerschwamm mit Schwefel, um damit den Entzündungsprozeß einleiten zu können. Zündet man nun den Schwamm an und hält die Spirale dann rasch in die mit Sauerstoff gefüllte Flasche, so brennt auch der Draht an und verbrennt wie ein Fidibus. Das Resultat ist eine dem Hammerschlage ganz ähnliche Masse.

Man kann dieses Gas auf eine ganz leichte Weise entwickeln, so daß alle soeben beschriebenen Versuche sich in derselben Flasche anstellen lassen. Man füllt einen Kolben mit etwas chlorsaurem Kali, zu dem man Sand, oder zerstoßenes Glas gemischt hat und erhitzt dies Gemenge mit Hülfe der Spiritusflamme. Sowie nun das Salz zu schmelzen anfängt, füllt sich der Kolben mit Sauerstoffgas und er ist dann geeignet zu jedem der genannten Versuche. Es ist nur nöthig, daß man nach jedem durchgeführten Versuche einen Augenblick wartet, bis die Flasche auf's Neue mit Sauerstoff gefüllt ist.



Sauerstoffgas aus chlorsaurem Kali.

Außer den eben kennen gelernten beiden Hauptbestandtheilen der atmosphärischen Luft enthält dieselbe auch noch Kohlensäure und Wasserdunst. Diese beiden Stoffe fehlen der Luft nie, nur sind sie darin in sehr wandelbarem Verhältniß vorhanden. So zeigt sich, daß unten am Meeresspiegel in je 10,000 Kubikfuß Luft nur vier bis zehn Kubikfuß Kohlensäure enthalten ist. Steigt man aber zu einer Höhe von 8 bis 10,000 Fuß über das Meer empor, so findet man schon doppelt so viel Gehalt an Kohlensäure.

Man gewinnt die Kohlensäure dadurch, daß man auf zerkleinerte Kreide, Marmor oder Kalkstein irgend eine Säure gießt. Das Gemeng braust dann

auf und entbindet die Kohlensäure, welche in den genannten Steinarten vorkommt. Es ist nämlich die Kohlensäure eine sehr schwache, oder eine solche, welche an andere Stoffe sehr schwach gebunden ist, so wie nun eine andere stärkere Säure hinzukommt, so wird sie ausgetrieben und die neue Säure tritt für sie an den Platz. Im gewöhnlichen Leben sieht man ihre Wirkung am häufigsten bei gegohrenem Bier, Champagner und Sodawasser, auch bei vielen Mineralwässern, bei denen das Aufbrausen und Perlen von der Kohlensäure herrührt. Steckt man auf eine solche Flasche einen mit einem Glasrohr durchbohrten Kork, so läßt sich das Gas in der pneumatischen Wanne gerade so auffangen wie vorhin das Sauerstoffgas. Da dies Gas aber viel schwerer ist als die atmospärische Luft, wol anderthalb mal so schwer, so läßt es sich sogar in einem offenen Glase auffangen; es setzt sich unten zu Boden und treibt die leichtere Atmosphärenluft hinaus. Hält man in ein solches

Darstellung von Kohlensäure.

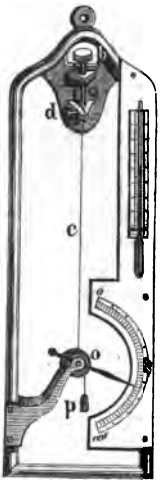
Verlöschen des Lichtes in Kohlensäure.

Ueberfüllen der Kohlensäure.

Glas, nachdem es mit Kohlensäure erfüllt ist, ein angezündetes Licht, so erlischt dasselbe augenblicklich. Dasselbe zeigt sich auch, wenn man dies Gas aus einem Glase in ein anderes gießt, in welchem ein Licht brennt. Man erkennt bei diesem Versuche so recht schön, daß das Gas specifisch schwerer ist als die atmosphärische Luft. Merkwürdig ist nun, daß ungeachtet des größern specifischen Gewichts diese Gasart in den höheren Regionen häufiger angetroffen wird als in den unteren. Um dies zu begreifen, muß man aber auf eine ganz besondere Eigenschaft der Gase aufmerksam machen, nämlich, daß sie sich immer gegenseitig durchdringen als wäre jede für sich in einem luftleeren Raume. Diese sogenannte Diffusion

der Gase ist eine noch unerklärte Naturerscheinung, man weiß nur, daß sie Statt hat, kann sie aber noch nicht auf ein uns bekanntes Naturgesetz zurückführen. Steht indeß dieser Diffusion ein Hinderniß entgegen, vielleicht dadurch, daß sich dieses Gas sehr rasch und in überwiegendem Maße quantitativ stark entwickelt, so lagert es auf dem Boden länger und fester und bildet dann die lebensgefährlichen Luftschichten, welche die Bergleute in den Kohlengruben so sehr zu fürchten haben. Hier hilft dann nichts anders als rasche Circulation der Luft. Einige Gegenden sind in dieser Art ordentlich in Verruf gekommen, so z. B. die Hundsgrotte bei Neapel, wo sich dieses Gas nur etwa Hundshöhe über dem Boden ablagert, so daß diese Thiere augenblicklich ihren Geist aufgeben, wenn sie hineingerathen, während die Menschen nichts davon verspüren. Am schrecklichsten ist aber das sogenannte Giftthal auf der Insel Java. Wir geben hiervon die Schilderung eines Augenzeugen. „Wir nahmen zwei Hunde und einiges Geflügel mit, um damit in diesem giftigen Thale Versuche anzustellen. Am Fuße des Berges stiegen wir ab und klommen ungefähr 500 Schritt weit hinan, indem wir uns an Baumzweigen hielten. Als wir noch einige Schritte von dem Thale entfernt waren, empfanden wir einen starken, widrigen, erstickenden Geruch, der aber, als wir bis zum Rande vordrangen, verschwand. Das Thal schien ungefähr tausend Schritt Umfang zu haben und war länglich und etwa 40 Fuß tief. Der Boden war ganz flach und ohne Pflanzenwuchs und mit einzelnen sehr großen Flußkieseln bedeckt. Ueberall sah man Gerippe von menschlichen Wesen, von Tigern, Schweinen, Hirschen, Pfauen und Vögeln aller Art. Wir bemerkten keinen Dampf und keine Oeffnung in der Vertiefung, die uns aus einem harten Sande zu bestehen schien. Es wurde nun von einigen Mitgliedern der Gesellschaft vorgeschlagen, in das Thal hinabzudringen, aber an der Stelle, wo wir uns befanden, war dies wenigstens für mich schwierig, da ein einziger falscher Tritt uns in die Ewigkeit befördert haben würde, und offenbar kein Beistand möglich war. Wir zündeten nun unsere Cigarren an und drangen mit Hülfe eines Bambus bis auf 18 Fuß von der Sohle der Vertiefung vor. Wir empfanden hier keine Beschwerde beim Athmen, aber ein äußerst widerlicher Geruch belästigte uns. Wir befestigten nun einen Hund an dem einen Ende eines 18 Fuß langen Bambus und schoben ihn hinein. Wir hatten die Uhr in der Hand und in vierzehn Sekunden fiel er auf den Rücken, ohne ein Glied zu rühren oder sich umzusehen, doch fuhr er noch achtzehn Minuten fort zu athmen. Hierauf schickten wir den zweiten Hund hinein, der freiwillig bis zur Stelle ging, wo der andere Hund lag. Hier stand er ganz still und fiel nach zehn Minuten vornüber, ohne noch ein Glied zu rühren; er athmete jedoch ebenfalls noch sieben Minuten. Wir nahmen nun einen Vogel; er starb in anderthalb Minuten. Ein anderer, den wir hineinwarfen, war todt, ehe er den Boden erreichte. Während dieser Versuche überraschte uns ein starker Regenschauer; das schreckliche Schauspiel, das wir vor Augen hatten, hielt uns aber in solcher Spannung, daß wir uns nicht darum kümmerten, durchnäßt zu werden. Auf der entgegengesetzten Seite lag nahe an einem großen Steine das Gerippe eines Menschen, welcher

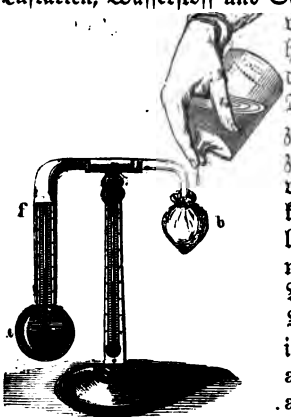
auf dem Rücken liegend und die rechte Hand unter dem Kopfe umgekommen sein mußte. Seine Gebeine waren von dem Wetter gebleicht und so weiß wie Elfenbein. Ich hätte dieses Skelett gern gehabt, aber jeder Versuch, es zu erreichen, wäre Wahnsinn gewesen."



Haarhygrometer von Sauſſure.

So lebensgefährlich giftig die Kohlensäure nun auch für den Athmungsprozeß der Menschen und Thiere ist, eben so gesund und erquicklich ist dieselbe für den Magen. Denn all unser Trinkwasser verdankt seine Frische, seine Erquicklichkeit der innewohnenden Kohlensäure. Wenn es dieselbe durch's Kochen oder durch ein längeres Stehen an der Luft verloren hat, so schmeckt es fade und unerquicklich. Das Bier, der Champagner, das Sodawasser thun dem Magen wohl durch den Reichthum an Kohlensäure.

Wie oben schon bemerkt, ist unsere Atmosphäre auch fortwährend mit Wasserdunst gefüllt. Früher hatte man einen dünnen Fischbeinstreifen, ein Haar, eine Darmsaite c, worauf die Feuchtigkeit der Luft einwirken mußte, um mit Hülfe von Rad und Zeiger o dann den Grad des Luftwassers herauszufinden. Aber schon Deluc fand, daß in den oberen Regionen diese Art von Hygrometer nicht mehr ausreichen wollte, sie zeigte keine Spur von Feuchtigkeit, obgleich ebendaselbst sich Wolken bildeten und alle Vorbereitungen zum Regen vorkamen, welche auf das Vorhandensein von Luftwasser deuteten. Aus diesem Grunde meinte er, das Wasser sei in den oberen Regionen zu wirklicher Luft geworden und Lichtenberg war sogar der Meinung, daß hier das Wasser in seine beiden Luftarten, Wasserstoff und Sauerstoff, aufgelöst sei, und daß aus ihrer Wiedervereinigung die Elektricität der Luft entstände. Sie hatten sich Beide geirrt und das hauptsächlich durch die damals noch sehr mangelhaften Hygrometer.



Das Daniell'sche Hygrometer.

Das Daniell'sche Hygrometer besteht aus einer zweimal ins Knie gebogenen Röhre afb, die in zwei Kugeln endigt. Die Kugel a ist zur Hälfte vergoldet, um den Ansatz des Thau's besser sehen zu können. Die Kugel b ist in ein Baumwollenläppchen eingeschlagen. Das Innere ist luftleer und nur mit Aetherdämpfen erfüllt. Tröpfelt man nun Aether auf b, so wird diese Kugel durch die rasche Verdampfung des Aethers stark abgekühlt. Die inneren Dämpfe verdichten sich hier und treten von a nach b herüber, woher es denn kommt, daß auch a sich immer mehr und mehr abkühlt bis endlich auf ihrer Außenseite der Feuchtigkeitsniederschlag erscheint. Im Innern ist ein Thermometer, welches die innere Temperatur

angiebt; an dem Träger ist ein Thermometer, welches die Temperatur der freien Atmosphäre angiebt. Aus der Differenz beider schließt man auf den Feuchtigkeitszustand während der Beobachtung.

Der Daniell'sche Thaupunkt ist nicht immer leicht zu bestimmen, weil man die Temperatur vor und nach dem Verschwinden des Beschlagens nicht so entschieden anzugeben im Stande ist. Darum hat **August** in Berlin noch auf ein einfacheres Mittel gesonnen, aus der Temperatur der Feuchtigkeitssättigung der Luft auf den Grad des Feuchtigkeitsgehaltes zurückzuschließen. Er nennt sein Instrument das **Psychrometer**. Es besteht aus zwei genau harmonierenden Thermometern, von welchen die Kugel des einen mit Mousselin umwickelt ist und in ein mit Wasser gefülltes Gefäß taucht. Da zeigt nun das trockene Thermometer die Temperatur der Luft, das andre aber muß niedriger stehen, weil darin fortwährend Wasser verdunstet. Je trockner die Luft ist, um so rascher muß die Verdunstung vor sich gehen, um so größer muß die Differenz der Temperatur sein zwischen den feucht und trocken gehaltenen Thermometern. Umgekehrt wird man daher auch aus dem verschiedenen Stande des trocknen und des angefeuchteten Thermometers auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zurückschließen können, wozu besonders angefertigte Tabellen behülflich sind, das Resultat schnell zu bestimmen. Ist die Luft ganz mit Dünsten gesättigt, so stehen natürlich beide Thermometer gleich und zeigen so beide zugleich den Thaupunkt an. In dem Maße nun, wie die Differenz wächst, muß natürlich die Luft unter dem Grade der Sättigung an Feuchtigkeit stehen, so daß man aus dieser Differenz fortwährend auf den Grad des Mangels an Sättigung der Feuchtigkeit zurückschließen kann. Da die Verdunstung um so rascher vor sich geht, je lebhafter der Luftzug ist, so ist es natürlich, daß man dieses Instrument so aufstellt, daß es vom Winde nicht zu stark ergriffen wird.

August's Psychrometer.

Das **Athmen** ist eine, dem äußern Erscheinen nach wohlbekannte, das Leben andeutende und unterhaltende Thätigkeit aller thierischen Geschöpfe. Die inneren mechanischen und chemischen Vorgänge bei dieser Lebensthätigkeit lassen sich aber weniger als allgemein bekannt voraussetzen, obgleich die hohe Bedeutung für die Gesundheit, Lebensfähigkeit und Kräftigkeit der Menschen und Thiere, es sehr wünschenswerth erscheinen läßt, daß jeder gebildete Mensch sich genau damit bekannt gemacht hätte. Wir wollen versuchen, das Wesentlichste davon zur allgemeinen Kenntniß zu bringen. Die Menschen, die Säugethiere, die Vögel und Amphibien athmen mit Hülfe

der Lungen; die Fiſche mit Hülfe der Kiemen; die Inſekten und Würmer theils durch Kiemen, theils durch Luftröhren, welche mit dem Namen Tracheen belegt worden ſind. Wir richten unſere Aufmerkſamkeit aber vorzugsweiſe auf das Athmen der Menſchen, und der mit ihnen in gleichem Verhältniß ſtehenden Thiere. Mit Hülfe der im Bruſtkorbe vorkommenden Muskelhäute, beſonders des Zwerchfells, welches die Bauchhöhle luftdicht von der Bruſt abſchließt, wird der Raum der Bauchhöhle abwechſelnd erweitert und verengt, wodurch in der Luftröhre und von hier aus durch Mund und Naſe der Mechanismus des Ein- und Ausathmens der Luft entſteht, weil die mit der Luftröhre luftdicht zuſammenhängende Lunge in dem abwechſelnd luftverdünnten oder luftverdichteten Raum des Bruſtkorbes gleichzeitig mit ausgedehnt oder wieder zuſammengepreßt wird. Die durch das Einathmen in das zuſammenhängende Labyrinth von Luftröhre und den Zwiſchenräumen der Lunge eindringende Luft kommt mit dem in einem zweiten zuſammenhängenden Labyrinth von Blutgefäßen in ſo nahe Berührung, daß zwiſchen beiden eine chemiſche Verbindung durch die ſehr dünnen, beſtändig feucht erhaltenen Scheidewände hindurch möglich iſt. Das aus dem Körper in die Lungen zurückkehrende Venenblut giebt an den Sauerſtoff der atmoſphäriſchen Luft den Ueberfluß an Kohlenſtoff ab, wodurch dieſer ſich in Kohlenſäure umwandelt und mit dem unverändert gebliebenen Stickſtoff wieder ausgeathmet wird. Ein kleiner Theil des Sauerſtaffs vereinigt ſich mit dem in dem Lungenblute vorkommenden Waſſerſtoffgaſe zu Waſſer, welches in Dampfgeſtalt ausgeathmet wird. Bei jeder Verbindung des Sauerſtoffs mit irgend einem andern Stoffe wird Wärme entwickelt, und zwar um ſo mehr und um ſo bemerkbarer, als dieſer Prozeß raſcher vor ſich geht. Daher kommt es denn, daß der Prozeß des Athmens das Blut und durch deſſen raſchen Umlauf den ganzen Körper warm erhält. Der Zweck des Athmens iſt alſo hauptſächlich auch der, dem thieriſchen und menſchlichen Körper die zum Leben und Gedeihen unumgänglich nothwendige Wärme einzuflößen. Dieſe ſpezifiſche innere Wärme beträgt 30° R., und iſt ganz von den Zonen unabhängig. Der Polarländer hat ganz dieſelbe Wärme wie der Bewohner unter dem Aequator.

Der Kehlkopf des Menſchen.

Die Luftröhre, welche aus der Tiefe des Mundes zu den Lungen führt, beſteht aus ungefähr zwanzig harten Knorpelringen, welche mit einer dünnen Haut inwendig und auswendig zu einem Ganzen verbunden ſind. Am obern Ende iſt der Kehlkopf, wo ſich die Luftröhre zu einer mit einer feinen Membrane verbrämten Ritze verengt, die man die Stimmritze nennt, welche zum Hervorbringen der Töne das Hauptwerkzeug iſt. Noch etwas höher hinauf iſt die Luftröhre mit einem Klappen-

ventil überdeckt, welches dazu dient, bei dem Hinunterschlucken von Speisen die Luftröhre zu verschließen. Ist man nicht vorsichtig genug und redet beim Essen und Trinken, oder geräth dabei auch nur ins Lachen, so kommt etwas Speise in die Luftröhre, welche dann mit heftigem Krampfhusten dieselbe wieder herausstößt. Tiefer geht die Luftröhre in ein netzförmiges Gezweig von Röhren, Bläschen und Zwischenräumen über und bildet so das Aeußere der beiden Lungenflügel, welche das Herz umschließen und in ihrem Innern die Präparation des Blutes bewirken. Bei dem erwachsenen Manne beträgt durchschnittlich die bei jedem Athemzuge den Lungenflügeln zugeführte Luft 33 Kubikzoll. Die Anzahl der Athemzüge beträgt etwa 18 in der Minute, bei Kindern ist sie in eben dem Maße zahlreicher als sie kleiner sind. Auf 3 bis 4 Herzschläge kommt ungefähr ein Athemzug.

Die Chemiker sehen jetzt allgemein den Prozeß der Sauerstoffverbindung für den des Verbrennens an, weil derselbe in den meisten Fällen mit Licht- und Wärmeentwicklung vor sich geht, und weil selbst da, wo dies nicht wahrnehmbar ist, es leicht damit entschuldigt werden kann, daß die Entwicklung zu langsam statt findet. Wenn z. B. das compacte Eisen nach der uns bekannten Weise rostet, so ist dies eine so langsame Verbrennung oder Oxydation, daß dabei an ein Messen der Wärme gar nicht zu denken ist; sobald aber das fein vertheilte Eisen, wie es uns Magnus mit Hülfe des Wasserstoffs aus Eisenoxyd reduciren lehrt, mit der freien Atmosphäre in Verbindung gebracht wird, so geht seine Verbrennung so rasch und unter so lebhafter Wärmeentwicklung vor sich, daß es sich selbst entzündet und sichtbar brennt. Hierauf gestützt, läßt sich nach Liebig der menschliche und thierische Körper recht gut mit einem Ofen vergleichen. In den Ofen werden Brennmaterialien gethan, welche in eine Entzündungstemperatur gebracht unter Zutritt der atmosphärischen Luft verbrennen, oder, was dasselbe sagen will, einen großen Theil ihres Kohlenstoffs und Wasserstoffs mit dem Sauerstoff der Atmosphäre zu Kohlensäure und Wasserdampf verbinden und mit dem unverbrauchten Stickstoff sich wieder in die Luft verbreiten. Daneben wird ein anderer Theil unverbrannter Kohle, Stickstoff und Wasser unter dem gemeinschaftlichen Namen Rauch frei, übrigens aber bleibt ein namhafter unverbrennlicher Theil als Asche zurück. Auf gleiche Weise verbrennen in dem thierischen Körper die Speisen unter der Einwirkung der constanten Lebenswärme und mancherlei anderen Lebensfunctionen. Auch hierbei verbindet sich ein großer Theil ihres Kohlenstoffs und Wasserstoffs mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft zu Kohlensäure und Wasser und wird ausgeathmet, während die unverbrennbaren Stoffe, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasser und mancherlei andere Bestandtheile der Speise als flüssige und feste Excremente ausgeschieden werden. Soll der Ofen eine constante Wärme bewahren, so muß man nach den verschiedenen Kältegraden der Lufttemperatur und unter Voraussetzung derselben Zugluft bald mehr bald weniger kohlenstoffreiches Brennmaterial gebrauchen; denn es muß ja nach dem Prinzip der Wärmeausgleichung in eben dem Maße mehr oder weniger Wärme abgegeben werden, als die umgebende Luft mehr oder weniger warm ist. Und

ganz ebenso muß auch der Mensch bei demselben Athemprozesse mehr oder weniger Nahrungsmittel zu sich nehmen, je mehr oder weniger kalt die umgebende Luft ist. Dies stimmt aber auch ganz genau mit der Erfahrung zusammen; man weiß z. B., daß der Samojede und Eskimo ein viel größeres, besonders kohlenstoffreicheres Quantum Speise zu sich nimmt als ein Bewohner Indiens. Die gesteigerte Eßlust der Arbeiter in kalter freier Luft ist eine allgemein bekannte Sache. Wer kennt nicht den größern Appetit nach einem kalten Bade. Im Winter halten wir uns durch passende Kleidungsstücke wärmer, um den Wärmeverlust des Körpers zu behindern; bei den Armen, wo dies nicht geschehen kann, wird der Hunger stärker.

Fehlt dem Menschen oder dem Thiere die erforderliche Nahrung, um hiervon bei dem immer auf die constante Lebenstemperatur hinarbeitenden Athmungsprozesse den nöthigen Kohlenstoff und Wasserstoff abgeben zu können, so müssen sie zunächst ihren eigenen Kohlenstoff in den Fetttheilen ihres Körpers verbrauchen, und wenn dieses nicht mehr ausreichen will, selbst das Muskelfleisch zum Opfer bringen. Das ist der bekannte Gang der Abmagerung durch Hunger. Genießt man dagegen kohlenstoffreiche Nahrung im Ueberfluß, so muß das Umgekehrte, das Fettwerden erfolgen. Die Dachse, Murmelthiere und andere Winterschläfer zehren in der Zeit ihres Schlafes von ihrem Sommerfett. Martell erzählt, daß ein durch einen Bergsturz verschüttetes fettes Schwein 160 Tage von seinem eignen Fette lebte und in dieser Zeit 120 Pfund an Gewicht einbüßte. Currie sah einen Kranken, der eines Halsübels wegen fast gar keine Nahrung zu sich nehmen konnte, in einem Monat 100 Pfund abmagern. Es giebt einige Thierarten z. B. Schlangen, Kröten, welche den Prozeß des Athmens ungemein verzögern und auf ein kaum glaubliches Minimum zurückführen können; ihnen ist es daher möglich in sauerstoffarmer Luft, ja selbst im luftleeren Raume zu leben und längere Zeit auszudauern. Die Erzählung von Kröten, welche man in Kieselsteinen lebendig gefunden haben will, ist bekannt; wie viel daran Wahres ist, weiß man noch nicht. Im fieberhaften Zustande athmet der Mensch und das Thier viel rascher, wodurch die Lebenswärme auch bedeutend höher gesteigert wird, ohne daß durch vermehrte Nahrung nachgeholfen werden kann, daher erklärt es sich denn auch, warum solche Kranke sehr rasch abmagern und nach gehobener Krankheit so gewaltigen Appetit bekommen, um den Verlust wieder zu ersetzen.

Da bei dem Athmungsprozesse nur der Sauerstoff aus der Atmosphäre benutzt wird, so könnte man glauben, daß das Athmen der Thiere die Atmosphäre ärmer an Sauerstoff machen müsse. Das stimmt nun mit der Wirklichkeit gar nicht zusammen, indem wir schon wissen, daß die Atmosphäre unter allen Umständen immer dasselbe Quantum von Sauerstoff und Stickstoff bewahre. Man hat sich längere Zeit darüber den Kopf zerbrochen, um dies Räthsel zu lösen, bis man in neuester Zeit herausgefunden hat, daß die Pflanzen die Kohlensäure, welche durch das Ausathmen der Thiere in die Luft kommt, einathmen und dafür fortwährend Sauerstoff wieder ausathmen. Also ergänzen sich Thiere und Pflanzen in Hinsicht ihres Athmungsprozesses, und es ist daher von der aller-

größten Wichtigkeit, daß die Pflanzennatur und Thiernatur sich gegenseitig unterstützen und ausgleichen können. Ohne Pflanzenleben wäre das Thierleben unmöglich; obgleich das Umgekehrte recht gut denkbar ist, denn die den Pflanzen zum Leben nöthige Kohlensäure bildet sich schon durch das Absterben der Pflanzen selbst, daher ist für das Leben der Urpflanzen auf Erden viele Jahrtausende vor den Thieren schon die Möglichkeit vorhanden gewesen. Setzen wir also in der Schöpfungsgeschichte unserer Erdwesen ein Nacheinander fest, so müssen die Pflanzen früher als die Thiere geschaffen sein. Ist es aber wahr, daß das Pflanzenreich und Thierreich immer einander ausgleichen, so überrascht die Frage, wie dies dort möglich werden soll, wo das Pflanzenleben ganz fehlt, wo Bergeshöhen und Sandwüsten gar keine Möglichkeit zulassen. Da hilft die ewige Bewegung der Atmosphäre. Denn da die Erde immer nur theilweise und nie zugleich des Pflanzenschmucks beraubt ist, so wird mit Hülfe der Luftbewegung immer da abgegeben, wo zu viel ist, und da angenommen, wo zu wenig ist. Diese für das Thier- und Pflanzenleben so höchst wichtige Circulation der Atmosphäre haben wir in dem Artikel über Winde näher besprochen.

Unsere Atmosphäre trägt in veränderlicher Form auch noch manche anderen Stoffe als die, wovon wir bisher geredet haben, man trifft darin oft Schwefelwasserstoffgas, das einen sehr unangenehmen Eindruck auf unsere Geruchswerkzeuge ausübt. In der Nähe der verwesenden thierischen Körper fehlten auch der noch unangenehmer riechende Phosphorwasserstoff und Arsenikwasserstoff nicht. Das sind lauter bösartige Luftarten, vor deren Einathmung sehr zu warnen ist. Dann kommen auch noch einige Ansteckungsstoffe zu bösartigen Krankheiten in der Luft vor, deren Auffindung bisher noch unmöglich gewesen ist. Die chemische Analyse hat dabei zu keinem Resultate geführt. Wie räthselhaft erscheint uns in dieser Hinsicht die furchtbare Fieberluft an den niederen Ufern des mexikanischen Meerbusens, an der Westküste Afrikas, in Ostindien? — wie unerklärlich ist für uns noch die unheimliche Art der Fortpflanzung der Cholera! Hier reicht die vielgerühmte Zerlegungskunst der Chemiker, die mikroskopische Schärfe der physikalischen Meßapparate noch lange nicht an den ersehnten Punkt wahrhafter Befriedigung. Doch wollen wir über das, was wir noch nicht wissen, nicht das siegreich Errungene, was wir wissen, oder doch mit großer Wahrscheinlichkeit vermuthen können, vergessen. Die Chemie ist dennoch eine große Wissenschaft, wenn sie auch noch einige Unvollkommenheit besitzt. Am merkwürdigsten in dieser Art ist es aber, daß man nie eine Spur von Wasserstoff in der Atmosphäre antrifft, obgleich man weiß, daß sehr viel davon in dieselbe hineinsteigt. Bei dem Zersetzen organischer Körper, bei der nassen Oxydation der Metalle und bei mehreren anderen Prozessen wird Wasserstoff entwickelt. Zu Pietro mola Borigozzo auf den Apenninen unweit Florenz zu Tamar, Boku wird dieses Gas in großer Menge aus der Erde enthunden. Aber nirgends findet man eine Spur dieses Gases in der gesammten Atmosphäre. Daß es viel leichter sei als die untere Luft und also rasch in die obersten Regionen emporsteige, war die frühere Ansicht, die aber seit der Entdeckung der Diffusion der

Gase gar nicht mehr haltbar ist. Man hat in der von Gay-Lussac aus einer Höhe von einigen 20,000 Fuß herabgebrachten Luft auch nicht die kleinste Spur von Wasserstoffgas entdecken können. Daß dieses Gas in die Atmosphäre steigt, ist Thatsache aber man ist nicht im Stande, dasselbe darin wieder aufzufinden, das ist wunderbar.

Neuerdings hat Herr R. Smith in Manchester ein Instrument erfunden, mit welchem er die relative Reinheit der Luft zu bestimmen versucht. Es gründet sich dasselbe auf die Bemerkung, daß, je reicher die Luft an fremden Beigementheilen sich zeigt, eine desto größere Menge übermangansauern Natrons auch in einer gewissen Lösung zersetzt werde. Die Empfindlichkeit dieses Instrumentes, das sein Erfinder Sepometer genannt hat, ist so groß, daß es die Gegenwart fauliger Gasarten in der Luft noch nachweist, während der Geruchssinn längst nichts mehr von denselben bemerkt.

Ehe wir dies Kapitel schließen, haben wir auch noch ein Wort über das Ozon der Luft auszusprechen. Nach den neuesten Forschungen ist dasselbe ein Sauerstoffgas aber in einem Zustande höherer chemischer Thätigkeit als das gewöhnliche. In diesem Zustand wird der Sauerstoff der Luft durch Elektricität, durch plötzlichen Wärmewechsel und mehrerlei andere Prozesse gebracht. Diese Luftart ist farblos, aber von einem starken eigenthümlichen Geruche. Sie muß sogar mit großer Vorsicht eingeathmet werden, weil sie leicht Uebelkeit und Erbrechen erregt. Ihr Geschmack erinnert etwas an den des Hummers. Man nennt das Ozon auch wol den activen Sauerstoff, während der andere der passive genannt wird. Der active Sauerstoff oxydirt in Gegenwart von Wasser alle Metalle, selbst Silber, er verwandelt Ammoniak in salpetersaures Ammoniak, was man an der Nebelbildung wahrnehmen kann, wenn man einen mit Ammoniakflüssigkeit befeuchteten Stab in denselben bringt, macht aus Salzsäure Chlor frei, entzündet den im gewöhnlichen Sauerstoff bei niederer Temperatur nicht selbst entzündlichen Phosphor, entfärbt Lakmus u. s. w. Erhitzt man den activen Sauerstoff bis zu 56° R., so verliert er alle active Eigenschaft und wird zu gewöhnlichem Sauerstoff. Nach Poggendorf ist der gewöhnliche Sauerstoff der durch höhere Temperatur veränderte active Sauerstoff. Daß übrigens der sogenannte Höhenrauch mit dem Ozon im Zusammenhange stehe, oder eigentlich das Ozon selbst sei, ist eine Hypothese, welche mit der des Moorbrandes sehr in Conflict geräth, aber noch viel weniger sichere Grundlage besitzt als diese. Allerdings wirkt das Ozon auf den Stickstoff der Atmosphäre so merkwürdig durch Nebelbildung ein, daß man wol in Versuchung kommen könnte, der Hypothese etwas mehr Glauben zu schenken, als die wissenschaftlichen Grundlagen gestatten wollen. Einstweilen wollen wir die Ansicht des Moorbrandes bei dem Höhenrauch noch als die richtige festhalten.

Wir können dies Kapitel nicht gut schließen, ohne noch ein Wort über Irrlichter gesagt zu haben. Es sollen dies kleine blaue Lichterscheinungen sein, welche sich in sumpfigen Gegenden, auf Kirchhöfen und überhaupt an Orten zeigen, wo Fäulniß und Verwesung vor sich gehen; ihre Erhebung über den Boden

sei gering, zuweilen führten sie eine hüpfende Bewegung aus, manchmal folgten sie auch dem Zuge der Luft. Die Frage, woraus die Irrlichter eigentlich bestehen, ist in früherer Zeit, wo man ihre Existenz nicht in Zweifel zog, sehr verschieden beantwortet. Volta glaubte, sie beständen aus Sumpfgas, welches durch den elektrischen Funken entzündet worden sei. An Sumpfgas fehlt es nun allerdings in der Natur nicht, selbst nicht an solchem, das leicht entzündlich ist, aber es bleibt doch sehr räthselhaft, woher jedesmal der elektrische Funke kommen soll. Andere hielten die Sache für Phosphorwasserstoffgas, welches sich bekanntlich ganz von selbst entzündet, so wie dasselbe mit der atmosphärischen Luft in Verbindung kommt; doch trat man auch dieser Ansicht entgegen, weil die Erfahrung gelehrt habe, daß Irrlichter gar kein wirkliches Feuer seien, sie zündeten selbst die leicht entzündlichen Stoffe nicht an; auch sei das Entzünden des Phosphorwasserstoffgases nur ein verpuffendes Lichtphänomen, welches ganz anders auftrete als das Irrlicht. Sehr viel Wahrscheinlichkeit besaß die Ansicht, daß die Irrlichter durch ein phosphorhaltiges Wasserstoffgas erzeugt würden, so daß davon nur ein phosphoriges Leuchten aber kein eigentliches Brennen entstände. Da aber auch diese Ansicht ihre Gegner fand, weil sich das Phänomen gar häufig an solchen Orten habe sehen lassen, wo von Phosphor durchaus nicht die Rede sein konnte, so kam man zuletzt zu dem Ausspruche, daß die ganze Erzählung von den Irrlichtern nichts weiter als Dichtung sei. Darin ist man jedenfalls wieder zu weit gegangen, denn es giebt sehr glaubwürdige, selbst sachverständige Männer, welche diese Erscheinung wirklich gesehen haben. Der große Bessel, der sein Auge durch das Beobachten der Gestirne bis zur höchsten Bewunderung geschärft hat, beobachtete dies Phänomen in der Nähe von Bremen auf dem großen Moore. Er beschreibt die Irrlichter als Flämmchen, die über Sumpfwasser entständen und nach einigem Leuchten wieder verschwänden; ihre Farbe sei matt bläulich wie das angezündete Wasserstoffgas; oft entständen aber sehr viele dieser Flämmchen auf demselben Platze und leuchteten dann mit merklicher Helligkeit; manchmal blieben die Lichter in unverwandter Ruhe, zuweilen zögen sie aber auch in horizontaler Richtung hinter einander her. In ähnlicher Weise schildern auch Chladni, v. Trebra und mehrere Andere diese merkwürdige Lichterscheinung nach selbständiger Beobachtung; aber dennoch stellt man die ganze Sache in Abrede. Wir haben nun allerdings auch nicht viel Vertrauen dazu; können uns aber noch nicht zu dem sogenannten Todschweigen derselben entschließen, und wir wollen es daher nicht unterlassen, noch ein erklärendes Wort über die Bewegung der Irrlichter hier hinzufügen. Man erzählt von ihnen, daß sie vor dem verirrten Wanderer fliehen, welcher darin das Licht einer Wohnung zu erblicken wähnt und eiligst darauf zuschreite, in der Hoffnung bald zu Obdach und Menschen zu kommen. Dann sagt man auch, daß sie Diejenigen mit großer Geschwindigkeit verfolgen, welche sich vor ihnen fürchten und durch hastiges Laufen sich schnell aus ihrer unheimlichen Nähe entfernen wollten. Der Wanderer muß sich bei jedem Schritte, den er vorwärts thut, einen neuen Platz in

der ihn umgebenden Luft verſchaffen, und dies geht nicht anders, als daß er die vor ihm befindliche Luft voraufbewegt. Dadurch entſtehen nun zwei Strömungen in der Luft, wovon die eine dem Wanderer voraufgeht, und die andere, welche durch das Wiederausfüllen des bei jedem Schritte leer werdenden Platzes entſteht, ihm nachfolgt. Dieſe Strömungen werden um ſo ſtärker ſein, je haſtiger die Bewegung des Wanderers ſelbſt iſt. Irrlichter, wenn es welche geben ſollte, beſtehen nun jedenfalls aus einer eben ſo leichten Materie wie die Luft, in der ſie ſich ſchwimmend erhalten und bewegen, folglich iſt es nothwendig, daß ſie vor dem auf ſie zueilenden Wanderer zu fliehen anfangen, weil ſie dem voraufgehenden Luftzuge Folge leiſten müſſen, ſobald ſie davon getroffen werden. Eben ſo natürlich iſt es aber auch, daß ſie den ängſtlichen Flüchtling verfolgen müſſen, ſobald ſie in den nachfolgenden Luftzug gerathen. Daß die Irrwiſche ſich dem ſtillſtehenden, ängſtlich Betenden eben ſo wie dem Fliehenden nähern, dagegen aber vor dem Beherzten, der ſich mit donnernden Fluchworten Luft macht, eben ſo eilig wie vor dem dreiſt darauf Losgehenden zurückweichen, iſt eine ſehr alte Sage, welche den vom Aberglauben geplagten Menſchen nicht wenig Gelegenheit gegeben hat, ihre Geiſterphantaſie zu beſchäftigen. Die Erklärung iſt aber auch hier eben ſo leicht wie vorher. Denn der von Angſt gequälte Menſch athmet bei weitem mehr Luft in ſich hinein, als aus ſich heraus, daher der Luftzug nach dem betenden Munde. Dagegen werden die Worte des Zorns mit ſchnaubender Naſe und ſtark ausathmendem Munde ausgeſtoßen, und ſie verurſachen nach der Gegend, wohin ſie geſprochen werden, einen lebhaften Luftzug.

Schiff im Sturm.

X.

Die Elektricität der Luft.

Herannahen eines Gewitters. Das Gewitter zieht gegen den Wind. Windstille und Schwüle vor dem Gewitter. Regentropfen. Kalter Schlag. Vorsichtsregeln. Das Einschlagen. Wiederbelebungsversuche. Blitzröhren. Luftelektricität. Versuche von Franklin, de Romas, Richmann. Gewitteranzeiger. Blitzableiter. Wetterleuchten. Zusammenhang zwischen Blitz und Donner. Quelle der Luftelektricität. Geschwindigkeit des Blitzes. Das Nordlicht, ein magnetisches Gewitter. Beschreibung des Nordlichtes. Nachweis des Zusammenhanges zwischen Nordlicht und Magnetismus. Erdmagnetischer Verein.

Zwei Freunde, wovon der eine Naturforscher von Fach, der andere ein großer Verehrer der gesammten Naturwissenschaften war, kehrten gegen Abend eines heißen Sommertages von einem größern Spaziergange heim und nahmen sehr eilige Schritte, weil ein Gewitter im Anzuge war und sie gern noch vor seiner Entladung die Stadt erreicht hätten. Wir wollen den ersten mit A . . ., den andern mit B . . . benamen.

„Lassen Sie uns jetzt lieber langsamer gehen," sagte A . . . „Die Gewitterschwüle lastet ohnehin schon gar drückend auf uns, wir erhitzen uns zu sehr und das ist gefährlich beim Gewitter."

„Gefährlich?" fragte der Andere und zügelte seinen eiligen Schritt plötzlich zu einem sehr langsamen Gange. „Wie so gefährlich? Ich habe immer gehört, daß der Luftzug keinen Einfluß auf den Blitz habe."

„Wir laufen Gefahr uns zu erkälten, denn der Temperaturwechsel ist bei dem Eintreffen des Gewitters fast immer sehr stark," sagte der Naturforscher, trocknete den Schweiß an der Stirn und richtete einen forschenden Blick auf den vom Blitz durchzuckten dunkeln Wolkenhimmel. Der Donner ließ sich jetzt auch schon hören, obgleich noch schwach und aus weiter Ferne herüberrollend. „Wir erreichen die Stadt nicht mehr. Wenn es Ihnen recht ist, so suchen wir langsam bis in das nahe Schützenhaus zu kommen."

„Das ist mir schon recht," bemerkte B . . . mit nachsinnender Miene. „Ich glaubte indeß nach dem so schwachen Donner, daß wir nach unserer Wohnung vielleicht noch vor dem Regen hätten gelangen können."

„Das könnte wol möglich sein," sagte A . . ., „es läßt sich nur die Entwicklung und Bewegung des Gewitters sehr schwer beurtheilen. Uebrigens bin ich gern ein ruhiger Beobachter dieser imposanten Naturerscheinung. Sie hat immer viel Belehrendes." Kaum hatte er aber ausgesprochen, so fuhr ein intensiver Zickzackfunken durch den finstern Himmel und gleich darauf rollte ein lauter Donner durch die Luft. Der Begleiter fuhr erschrocken zusammen, faßte sich aber sogleich wieder und erwähnte lächelnd, es sei doch sonderbar, daß der Mensch wenigstens nicht da, wo doch keine Ursach zur Besorgniß vorläge, sich beherrschen könne.

„Das ist sehr wahr," nahm A . . wieder das Wort, welcher sich ebenfalls erst von einem kleinen Schreckanfluge zu erholen gehabt hatte. „Solche Wahrnehmungen können wir aber bei allen plötzlichen Nervenaufregungen machen. Das thut unserer übrigen mannhaften Furchtlosigkeit keinen Abbruch. Und bei dem Gewitter wäre eine gar zu große Zuversicht und Angstlosigkeit eine unnatürliche Vermessenheit. Die Leute, welche sich etwas darauf zu Gute thun, gar keine Furcht vor dem Gewitter zu haben, sind mir immer eben so unheimlich gewesen wie Blitz und Donner selbst. Die Möglichkeit zu schlimmen Folgen fehlt bei einem Gewitter nie."

Der begleitende Freund B . . . wollte eben seine Freude über diese Ansicht aussprechen, als der Blitz aufs Neue durch die Luft zuckte, und gleich darauf ein andauerndes mächtiges Donnerrollen sich hören ließ. „Sie haben doch ganz Recht," sagte er dann mit betretener Miene. „Das Gewitter ist viel schneller da, als ich's erwartete. Und wie gewaltig der Wind sich aufmacht und in wirbelndem Ungestüm Staub und Blätter emporreißt. Auch will es mir scheinen, als wenn die alte Bauernregel hier ihre Bestätigung fände, daß nämlich das Gewitter immer gegen den Wind zieht. Sehen Sie nur, wie die Bäume alle nach der Gewitterseite hingeweht werden."

„Die Regel ruht allerdings auf ganz richtiger Erfahrung," sagte A . . ., „nur legt man ihr oft keinen richtigen Sinn unter und bekümmert sich zu wenig um die eigentliche Ursache."

Damit war aber die Wißbegier des B . . . sehr stark angeregt. Ein erklärendes Wort war nöthig. Blitz, Donner und Sturm wirkten indeß zu heftig auf die beiden Wanderer ein, so daß der Naturforscher die Sache nur

kurz mit der Bemerkung abzufertigen suchte: „Der Grund liegt in der elektrischen Anziehung."

„Das befriedigt mich nicht ganz," sagte B . . . „Denn wenn ich auch weiß, daß alle mit Elektricität erfüllten isolirten Körper leicht bewegliche Stoffe und mithin auch die Luft anziehen, so wird daraus wol die wirbelnde Unruhe in der Atmosphäre, das Aufwühlen von Staub und Laub erklärlich, aber doch noch lange nicht das gewaltige Ziehen der Gewitterwolken, und zwar gegen den herrschenden Wind."

„Gut, daß Sie diese Bedenklichkeit zur Sprache bringen. In dem Sinne, wie Sie die Sache jetzt nehmen, zieht das Gewitter fast nie gegen den Wind."

„So sehen Sie doch nur," sagte B . . . ganz verwundert. „Das Gewitter bewegt sich doch gegen den Wind."

„Wir sind jetzt nur noch wenige Schritte vom Schützenhause entfernt," sagte der Freund, „und können den Gegenstand schon mit Ruhe besprechen. Erinnern Sie sich noch, wo der Wind herkam vor dem Gewitter?"

„Eigentlich hatten wir Windstille," antwortete der Gefragte, „indeß erinnere ich mich noch, daß die Wetterfahnen alle auf Südwest zeigten, als wir von Hause gingen."

„Nun gut," sagte der Andere. „Sie sehen, daß dieser Südwest in den oberen Regionen noch jetzt regieren muß, denn von derselben Seite rückt das Gewitter uns näher. Wenn wir daher hier unten einen starken Nordost verspüren, so ist dies rein nur eine Folge der elektrischen Anziehung nach der Gewitterwolke hin."

„Wie rasch wissen Sie mein Fassungsvermögen auf den rechten Punkt zu leiten," rief B . . . voll Freude. „Jetzt ist mir auf einmal Alles klar. Das heranrückende Gewitter bewegt sich eigentlich mit dem Winde und zieht nur gegen den Wind, den es sich selbst erzeugt. Ist es so recht?"

„Vollkommen. Nur kann es sich manchmal ereignen, daß die Umstände nicht so einfach sind, wie wir sie heute erkennen. Der Wechsel des Windes ist gar zu vielen sogenannten Zufälligkeiten unterworfen, die sich nicht vorher bestimmen lassen, daher ereignet es sich oft, daß dicht vor der ersten Entwicklung eines Gewitters der Wind umschlägt, und da dieser Wechsel oben in der Nähe der Gewitterwolke schon Statt gehabt haben kann, während an dem entferntern untern Orte des Beobachters der entgegengesetzte Luftstrom erst noch zu überwinden ist, so leuchtet ein, daß dann das Gewitter auch wirklich gegen den Wind zieht. Dies Alles ändert aber Ihren vorhin gemachten Ausspruch wenig. Deuten Sie die alte Bauernregel nur immer so, daß das Gewitter eigentlich mit dem herrschenden Hauptwinde zieht und nur gegen die unruhige Luftbewegung anzubringen scheint, welche dasselbe durch seine elektrische Anziehung erzeugt."

„Es freut mich, daß Sie mit mir zufrieden sind, bemerkte scherzend B . . . „Uebrigens glaube ich jetzt auch, den Grund zu der Windstille aufgefunden zu haben, welche einem heranziehenden Gewitter vorauf zu gehen pflegt und so erschlaffend und erschöpfend auf die ganze belebte Schöpfung einwirkt."

„So? — und der wäre?“ fragte überrascht Freund A . . .

„Nun,“ hob B . . . an, „wenn die Gewitterwolken in der nahen umgebenden Luft einen dem herrschenden Hauptwinde direkt entgegengesetzten Luftzug erzeugen können, so ist ja klar, daß vor diesem Umschlag ein Kampf zwischen zwei widerstreitenden Kräften auf die Luft vorkam, daß die Umkehr nicht ohne den Durchgang durch einen Gleichgewichtszustand denkbar ist. Mir scheint hier ganz derselbe Fall vorzukommen wie bei einer Lokomotive auf der Eisenbahn, bei der man mit Hülfe der Dampfkraft aus einer vorwärts gehenden Bewegung eine rückläufige machen will. Die Lokomotive geht durch diese Gegenkraft erst langsamer, steht einen Augenblick stille und folgt dann mit langsamem Anfang der entgegengesetzten Richtung.“

„Vortrefflich!“ rief der Naturforscher. „Sehr recht. Jetzt müssen wir aber eintreten. Es fallen schon die ersten großen Regentropfen.“

Die ungewöhnliche Größe derselben zog die Aufmerksamkeit des Freundes B . . . auf sich. Er wurde darüber belehrt, wie wir es oben in dem Kapitel vom Regen gethan haben. Der Regen stürzte nun mit furchtbarer Heftigkeit vom Himmel. Blitz und Donner folgten sich einander fast in demselben Augenblick. Das Gewitter war nun ganz herübergekommen. Die beiden Freunde gingen in den großen aber heute ganz unbesuchten Saal des Hauses und beschlossen hier das Ende des Wetters abzuwarten. Das Zimmer gewährte einen freien Blick auf den Gewitterhimmel. Dunkle und helle Wolken lagen in wilder Verworrenheit wie zerrissen vor ihrem Blicke. In etwas größerer Entfernung war eine unheimliche wolkenlose Düsterheit. Diese Nacht des Tages durchzuckte der Blitz mit seinem blendenden Lichte und in seiner lautlosen Schlangengestalt. Der Donner hatte einen viel offenern und hastigern Ton und ließ ab und zu auch schon etwas Krachen und Knattern hören, wovon das ganze Haus durchschüttert ward. Der Wind heulte und peischte nach jedem heftigen Donner den Regen auch heftiger gegen die Fenster. Der Kastellan des Schützenhauses, ein ehrwürdiger alter Mann, welcher die ihm wohlbekannten Gäste eingeführt hatte, bemerkte mit Schrecken, daß noch einige Fenster im Saale offen standen, und er war rasch darüber aus, sie schließen zu wollen, woran er aber durch die entschiedene Einrede des Herrn A . . . behindert ward, dem die Luft im Zimmer sehr abgesperrt heiß vorkam. Er hatte übrigens aus Grundsatz bei Gewittern gern ein Fenster oder die Thür des Zimmers offen, damit der Circulation der innern mit der äußern Luft kein Hinderniß in den Weg gestellt werde. Zugluft hielt er nur in Bezug auf seine Gesundheit für gefährlich, daß sie aber nach der Meinung des großen Haufens den Blitz anziehe und den Weg führe, sei ein Aberglaube, den man nicht kräftig genug vertilgen könne. Dafür sprächen weder die Erfahrung, noch Gründe der Wissenschaft.

Der alte Mann trat von den Fenstern, die er hatte schließen wollen, schüttelte bedenklich den Kopf und sagte dann: „Ganz wie Sie es wünschen, meine Herren, aber offene Fenster und Zug halte ich doch für sehr gefährlich beim Gewitter. Es hat hier schon einmal eingeschlagen. Vor

Zwei Jahren um diese Zeit. Das war schrecklich, ich denke mit Furcht und Zittern daran."

„Sie meinen den Fall, wo es hier durch den Schornstein in Ihre Küche schlug," sagte B . . .

„Ja, ja," betheuerte der Alte eifrig und bedeutungsvoll. „Ja, so wars! Und das kam durch nichts Anders als durch Zugluft; das Mädchen hatte in der Küche Thüren und Fenster aufgesperrt."

„Sie hatten auch Feuer auf dem Herde?" fragte der Naturforscher.

„Ei freilich!" antwortete der Angeredete voll Aufregung. „Das unterlassen wir nie. Denn das Feuer nimmt dem Blitz die Kraft, wie meines seligen Großvaters Sprichwort heißt."

„War nichts verbrannt, zertrümmert, geschmolzen?" fragte der Naturforscher.

„Nein" — erwiderte nachsinnend der Kastellan, fügte dann aber noch rasch hinzu: „Doch, mein Herr, der Spatenstiel hatte etwas gelitten, indeß ganz ohne Brandzeichen, blos etwas zersplittert. Und dann war auch ein zinnerner Löffel, der auf dem Herde gelegen hatte, zu einem Klumpen zusammengeschmolzen, ein anderer war zu tausend Körnchen zerflossen und in der ganzen Küche umhergeworfen. Aber gezündet hat er gar nichts. Es war ja nur ein kalter Schlag. Mein Gott! das war ein Krach!" unterbrach er sich, als es plötzlich wieder sehr stark donnerte. „Ich will nur hinabgehen und nachsehen, ob auch unten Alles in Ordnung ist."

Freund A . . . sah dem Alten lächelnd nach, schüttelte den Kopf und sagte: „Es war ja nur ein kalter Schlag! — Wie wunderliche Ansichten die Leute manchmal haben können. Ein kalter Schlag! — Das muß in der That eine schöne Kälte gewesen sein, die zinnerne Löffel schmilzt."

„Sie scheinen also die Meinung nicht zu haben, daß es auch kalte Schläge geben könne," sagte etwas überrascht Freund B . . .

„Nein durchaus nicht. Bei Gewittern giebt's nie kalte Schläge. Ein kalter Blitz hat eben so viel Widersinn wie kaltes Feuer oder trockne Nässe."

„Es will mir aber scheinen," bemerkte B . . ., „als fasstten Sie mehr die Benennung als die Sache ins Auge. Die Erfahrung . . ."

„Die Erfahrung spricht ganz gegen die Sache," unterbrach A . . . seinen Freund. „Es zündet allerdings nicht jeder Blitzschlag, das thut aber auch nicht jeder Feuerfunken; da sprechen jedesmal günstige Umstände mit."

„Draußen ist es aber entsetzlich," sagte B . . . und richtete seine Aufmerksamkeit auf das grausige Gewitterwetter, das gerade in diesem Augenblicke furchtbar mit Hagelschlag verbunden war. „Gott sei Dank, daß wir unter Schutz sind! — So. Jetzt regnet es wieder. Das ist gut. Ich erinnere mich, daß bei ähnlicher Gelegenheit ein Sachverständiger meinte, es sei gut, wenn es während eines Gewitters stark regne, weil dadurch die Elektricität der Wolken rasch zur Erde geleitet werde. Auch wären so die Gebäude und die Menschen darin mehr geschützt, weil der Blitz dann gern an ihrer gutleitenden nassen Oberfläche bleibe. Und es wären überhaupt die Beispiele sehr selten, wo die Menschen unter Dach und Fach vom Gewitter erschlagen seien."

„Das ist Alles wahr und recht vernünftig," sagte A..., „nur darf man dabei ja auch die Möglichkeit zur Ausnahme nicht außer Acht lassen. Die Aufforderung zur Vorsicht fehlt uns selbst in den über und über nassen Gebäuden nicht. Der Ruß in den Schornsteinen ist z. B. auch und zwar ein ganz vortrefflicher Leiter der Elektricität, eben so die durch das Feuer auf dem Herde verdünnte Luft desselben. Davon hat uns der alte Kastellan soeben ein Beispiel mitgetheilt. Mit dem Rauchfang der Küche stehen übrigens auch die Zimmeröfen gutleitend in Verbindung. Es fehlen daher die gebahnten Wege des Blitzes in das trockne Innere des Hauses nicht. Die Fälle, daß der Blitz in naßgeregnete Gebäude schlug, sind auch so selten gerade nicht; und Beispiele, daß darin selbst Menschen erschlagen wurden, sind ebenfalls vorhanden. So erschlug vor etwa vierzig Jahren ein Wetterstrahl die Tochter des Grafen Siersdorf, als sie mitten im Cursaale zu Dryburg neben ihrem Verlobten stand. Die Blitzmaterie hatte die Metallmasse des von der Decke des Saales herabhängenden Kronleuchters und die unmittelbar darunter stehende junge Gräfin für eine bessere Leitung ausgewittert, als die nasse Oberfläche des Hauses. Am 20. März 1784 drang der Blitz in den Schauspielsaal zu Mantua. Von den 400 Personen, die sich dort versammelt fanden, tödtete er zwei und verwundete zehn. Der Blitz schmolz dabei Ohrringe und Uhrschlüssel, spaltete Diamanten ohne die betroffenen Personen zu tödten oder auch nur zu verletzen. Am 11. Juli 1819 schlug der Blitz während des Gottesdienstes in die Kirche von Chateauneuf-les-Mutiers im Arrondissement von Digne im Departement der Niederalpen; er tödtete neun Personen und verwundete zwei und achtzig. Derselbe Schlag tödtete nicht weit von der Kirche in einem Stallgebäude fünf Hammel und ein Pferd."

Während dieser Mittheilung hatte sich Freund B... zunächst aus der Nähe des eisernen Ofens zurückgezogen und mitten im Zimmer Platz genommen. Hier befand er sich aber gerade unter dem Kronleuchter, als sein gelehrter Freund das tragische Ende der jungen Gräfin erzählte. Da ließ sich plötzlich ein krachender Donner hören. Wie vom Blitz getroffen sprang er schnell an die Seite seines Freundes. Dieser hatte die Angst kaum bemerkt, seine Aufmerksamkeit schien jetzt ausschließlich nur auf den Gang des Wetters gerichtet zu sein. Einen Augenblick war jeder mit seinen eigenen Gedanken beschäftigt. Dann knüpfte der Physiker den Faden der Unterhaltung zuerst wieder an. „Sehen Sie nur," sagte er, „wie kalt es geworden sein muß. Die Fenster beschlagen so stark, als wäre hier im Zimmer eingeheizt und draußen eine schneekalte Novemberluft."

Der Andere nickte bejahend zu dieser Bemerkung und sagte dann: „Sie machten schon früher auf diesen starken Temperaturwechsel aufmerksam. Eine vortreffliche Gelegenheit zu erkennen, wie die starke Schwüle dicht vor dem Gewitter die Veranlassung sein kann, zum Bilden der überraschend großen ersten Regentropfen." In demselben Augenblick schienen Himmel und Erde plötzlich im Feuer zu stehen und ein schmetternder Krach durchbebte das ganze Haus auf eine entsetzliche Weise. „Ach, großer Gott!" rief B..., „das hat eingeschlagen!"

„Wahrscheinlich," sagte A... und warf sorgenvoll einen prüfenden Blick durch das Fenster.

Unten wurde es auf einmal laut. Der alte Kastellan von Frau und Magd gefolgt traten hastig in den Saal und verkündeten mit leichenblassen Gesichtern, daß es eingeschlagen haben müsse, denn unten im Hause sei Rauch und es rieche gerade wie vor zwei Jahren entsetzlich nach Schwefel.

„Nur ruhig Leute!" sagte A... mit ernster gefaßter Stimme. „Nur ruhig! Ja den Kopf nicht verloren! Ist das Unglück da, so muß man's tragen, aber mit Besonnenheit und Verstand. Wir wollen erst nachsehen."

Das Haus wurde jetzt sorgfältig durchforscht, aber nirgends zeigte sich eine andere Spur des Einschlagens, als der eigenthümliche zum Husten reizende Brandgeruch, und etwas Rauch, eine Erscheinung, die meistens bei dem Einschlagen der Gewitter in Gebäude wahrgenommen wird, wovon wir oben bei Gelegenheit der trocknen Nebel schon gesprochen haben. Kaum waren sie aber mit ihrer Untersuchung fertig, so rief die Magd mit angstvoller Stimme: „Hier, hier hat's eingeschlagen. Hier in die große Pappel vor dem Küchenfenster."

Alles lief nach dem Küchenfenster. Die Pappel war hoch bis zum Gipfel hinauf abgeschält, hatte mehrere Zweige verloren, oben in der Spitze war die Rinde nur aufgerissen und man sah hier und an tieferen Stellen, wie der Blitz in schraubenförmigen Windungen an dem Baume hinabgefahren war. Die abgeschälte Rinde lag fein zerfasert in einem weiten Kreise auf dem Boden umher. Bei genauerer Prüfung zeigte der Baum auch einen tiefen Spalt.

„Dies Abschälen und Spalten der Bäume durch den Blitz kommt recht oft vor," sagte der Naturforscher nachdenkend. „Man ist sehr verschiedener Ansicht über die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung. Gewöhnlich begnügt man sich damit, anzunehmen, daß der Blitz die Hindernisse, welche ihm auf seinen Wegen entgegentreten, zerstört und hinwegschleudert. Das ist aber eigentlich nur ein Angeben einer Thatsache, keine Erklärung. Ich glaube, daß man hierbei noch nicht genug auf den plötzlich aufgehobenen Luftdruck in der Bahn des Blitzes sein Augenmerk gerichtet hat. Mir will's wenigstens so scheinen, als wenn der um den Baumstamm herum mit der Geschwindigkeit des Blitzes auf einmal weggenommene Luftdruck das Abschälen und Spalten ganz befriedigend erklären kann. Auch finden die sogenannten kalten Schläge durch diesen luftleeren Blitzweg ihre Erklärung, besonders wenn man noch hinzunimmt, daß ein von den Wolken zur Erde eröffneter erster Weg sehr wahrscheinlich zu einer noch heftigern zweiten und dritten Entladung der Gewittermaterie benutzt wird, denn der luftleere Raum ist bekanntlich der beste Elektricitätsleiter, und im luftleeren Raum kann kein Feuer brennen. Hiernach fehlt es nicht an Grund zu der Vermuthung, daß der Blitz nur ausnahmsweise zünde, daß die sogenannten kalten Schläge die eigentliche Regel bil..."

„Mein Gott!" rief plötzlich mit Entsetzen Freund B... „Da liegt ein Mensch! Er ist vom Blitz erschlagen! —

In demselben Augenblick war alle Aufmerksamkeit auf den Ort des

Schreckens gerichtet. Man sah einen alten Mann ohne Lebenszeichen auf dem Boden liegen. Der Unglückliche lag dicht vor dem Ausgange zum Schützenstande, unter dessen Ueberbau er wahrscheinlich Schutz vor dem Wetter gesucht hatte. Man öffnete rasch die Thür, um zu helfen. Der alte Mann rührte kein Glied, war blaß und steif und kalt wie eine entseelte Leiche.

„Der alte Knigge, ein armer rechtschaffener Mann," sagte B... mit bewegter Stimme und herzlicher Theilnahme. „Mein Holzhacker!"

„Er ist todt!" riefen die Anderen wie aus einem Munde.

„Du alter Kriegskamerad!" sagte wehmüthig der greise Kastellan. „Er ist wirklich todt. Vom Blitz erschlagen. Er ist todt."

„Das scheint fast so," sagte der Naturforscher mit bedenklicher Miene, nachdem er vergebens nach Puls und Herzschlag gefühlt hatte. „Aber dennoch ist es unsere Pflicht, rasch Wiederbelebungsversuche anzustellen. Fassen Sie nur zu, daß wir ihn schnell ins Haus, in erwärmte Betten bringen."

Die hülfreichen Hände fehlten nicht. Der Unglückliche ward geschwind entkleidet und gebürstet, in warme Betten gebracht, aber es zeigte sich kein Lebenszeichen. Nur das Steife der Glieder verlor sich merklich und belebte die Hoffnung. Mit Hülfe eines in warmes Wasser getauchten und auf den Unterleib gebreiteten Tuches wurde in diesem Theile des Körpers ein Heben und Senken möglich gemacht. „Man muß so das Athmen künstlich wieder hervorzurufen suchen," sagte der Naturforscher. „Es scheint aber wenig Erfolg zu haben. So, nun wollen wir ihn einige Augenblicke ganz in Ruhe lassen. Blos das Bürsten unter der Fußsohle darf noch nicht aufhören."

Die Augen der Umstehenden waren mit der größten Spannung auf die blassen Gesichtszüge des armen Mannes gerichtet. Diese blieben aber regungslos starr wie der Tod. Alle gaben schon die Hoffnung auf, nur Freund A... behielt noch einigen Glauben und bemerkte, daß ein solcher Scheintod oft mehrere Stunden andauern könne. Er erzählte ein Beispiel, welches seine Zuhörer in Staunen setzte. Plötzlich hielt er aber inne und rief mit leiser, vor Freude fast erstickter Stimme: „Er lebt! — — — Jetzt nur Vorsicht. Alles stille. Lassen Sie auch das Bürsten sein."

Das Gesicht des Wiedererweckten war noch bleich wie der Tod. Nur einige Schweißperlen traten auf die Stirn und die Lippen zeigten ein leises Zittern und Zucken.

„Jetzt haben wir es nur noch mit einer Ohnmacht zu thun," sagte mit kaum beherrschter Freude Freund A... „Bald wird er die Augen aufschlagen und dann wäre ihm eine Tasse Kamillenthee mit Rothwein sehr gut."

Die Frau des alten Kastellans entfernte sich sogleich und in kurzer Zeit war der gewünschte Thee herbeigeschafft. Während dem hatte sich der Ohnmächtige rasch erholt. Er schlug die Augen auf, schloß sie aber wieder und schien aufs Neue zu schlafen. Dann stieg merklich etwas Röthe ins Gesicht. Er erwachte wieder, konnte sich jetzt aufrichten und den Thee nehmen. Dieser brachte das volle Bewußtsein zurück. Es war nur noch nöthig, daß der Ge-

nesene einige Zeit der Ruhe pflegte, um dann ohne Bedenken wieder aufstehen und heimgehen zu können.

Die Freude war groß. Man hatte ein Menschenleben gerettet. Als alle Gefahr vorüber war, gingen die beiden Freunde noch einmal zu der vom Blitz getroffenen Pappel. Das Gewitter hatte sich mit dem furchtbaren Schlage ganz erschöpft. Jetzt hatte auch der Regen aufgehört. Als sie hinaustraten und den Baum näher in Augenschein nahmen, so bemerkten sie, wie am Fuße desselben hier und da die Erde aufgewühlt war. Man sah deutlich wie der Blitz selbst die Wurzeln des Baumes als gute Leitung verfolgt hatte, um den nahe gelegenen Bach zu erreichen.

„Hier hat der Blitz sogar den Sand verglast!" rief sehr überrascht Freund B...

„Wirklich," sagte der Andere und besah mit Aufmerksamkeit ein Stückchen von der zusammengeschmolzenen Sandröhre. „Das ist sehr interessant. Wir haben hier einen kleinen Anfang von den sogenannten Blitzröhren, welche man schon oft in größeren Sandlagern in zehn bis zwanzig Fuß Länge und vielfacher Verzweigung aufgefunden hat. Der gemeine Mann würde auch hier wieder von einem kalten Schlage reden, denn der Baum hat nicht gebrannt und zeigt nirgends eine Spur der Verkohlung. Wie kann aber da nur an Kälte gedacht werden, wo Sand zu Glas geschmolzen wird."

„Das ist auch wahr" sagte B... „Von einem kalten Blitzschlage zu reden ist in der That eine Ungereimtheit. Aber sehen Sie nur, wie merkwürdig der Baum in seinen obersten Zweigen und Blättern ganz vom Blitz verschont geblieben ist, während er hier unten eine so starke Verwüstung angerichtet hat."

„Darin liegt eigentlich nichts Befremdendes," sagte sein Begleiter. „Es ist eine bekannte Eigenschaft der Elektricität, daß sie unmerklich ohne Explosion durch Spitzen ein- und ausströmt. Man sieht dies recht deutlich am Conductor der Elektrisirmaschine. Ist derselbe mit Elektricität angefüllt und man bringt ihm den Finger oder irgend einen andern abgerundeten guten Leiter nahe, so fehlt der Zickzackfunken und das knisternde Geräusch nie, sobald man aber eine etwas lange Nadel zwischen den Fingern haltend mit der scharfen Spitze ihm nahe bringt, so sieht man nichts vom Funken und hört auch kein Knistern, und dennoch geschieht die Entladung des Conductors hier eben so gut, wenn nicht vollständiger als zuvor."

„Ich kenne diesen Versuch," bemerkte Freund B... „Sie haben ihn mir schon früher einmal in Ihrem physikalischen Kabinette gezeigt. Auch erinnere ich mich, wie Sie bei der Gelegenheit erwähnten, daß auf dieser Eigenschaft die Hauptwirksamkeit der Blitzableiter beruhe, daß der Blitz auf seinen Wegen durch die Luft und über andere nicht ganz gute Leiter fast immer einen Schraubengang wähle, woraus der Zickzack zu erklären sei, denn wir sehen diesen Weg immer nur im Profilschnitt und in Projection auf der Hinterwand. Die aufgerissenen Furchen dort oben in der Rinde des Baumes gehen ganz so, wie Sie es damals beschrieben, in Spiralwindung um Zweige und Stamm herum. Das ist nun

Alles recht schön, aber dennoch ist es mir immer noch ein Räthsel, wie man sich darüber Gewißheit verschafft hat, daß die Blitzmaterie bei den Gewittern im Großen dasselbe sei, wie die Elektricität der Maschine im Kleinen."

„Dies Räthsel will ich Ihnen gern lösen. Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte man über diesen Punkt nichts weiter als Vermuthung. Benjamin Franklin war der Erste, welcher Hand an legte, um sich Gewißheit zu verschaffen. Er hatte während der Jahre 1747 bis 1754 bereits einem Mitglied der Königlichen Gesellschaft zu London Peter Collinson in mehreren Briefen seine Gründe vorgetragen, warum er den Blitz für einen großen elektrischen Funken und das ganze Gewitter für eine elektrische Erscheinung halte. „Beide, Blitz und elektrischer Funke," sagte er, „durchlaufen eine Zickzacklinie, werden von Spitzen besonders gern angezogen, folgen gutleitenden Gegenständen zur Erde, zerschmettern und durchbohren dagegen schlechte Leiter. Beide entzünden brennbare Gegenstände und schmelzen Metalle, tödten bisweilen Thiere und Menschen und zeigen einen auffallenden Einfluß auf Magnetnadeln." Trotz der Klarheit dieser Briefe, kam es aber doch noch darauf an, jene Uebereinstimmung durch unmittelbare versuche darzulegen. Die Sache glückte vortrefflich und war zugleich die Veranlassung zur Erfindung der Blitzableiter. Franklin spannte ein seidenes Tuch über zwei kreuzweis zusammengebundene dünne mit Eisenspitzen versehene Holzstäbe, versah die eine Spitze dieses seidenen Drachens mit einem Schwanze und ließ ihn im Juni des Jahres 1752 vermittelst einer langen Hanfschnur zu den Wolken emporsteigen. Es war gerade ein Gewitter im Anzuge. Das untere Ende der Schnur war an einen großen Schlüssel geknüpft, von dem dann noch eine seidene Litze bis zur Hand reichte, so daß der Schlüssel den Platz des Conductors einnahm, in welchem sich die Luftelektricität ansammeln konnte. Das Gewitter kam aber nicht ganz über Philadelphia. Der Schlüssel zeigte auch keine Spur von Elektricität. Franklin wollte den Versuch schon aufgeben. Da fiel aber etwas Regen. Der Drachen und die Schnur wurden naß, in demselben Augenblick erhoben sich die Hanffäserchen und machten den ganzen Bindfaden rauh. Das war ein sicheres Zeichen von der Gegenwart der Elektricität. Und als er nun dem Schlüssel mit dem Finger nahe kam, so sprang der Zickzackfunken mit knisterndem Geräusch über, gerade wie bei dem Conductor der Elektrisirmaschine. Eine am seidenen Faden aufgehängte Flocke Baumwolle wurde begierig vom Schlüssel angezogen und dann abgestoßen; auch hielt sie ihm wie beim Conductor immer ein und dieselbe Seite zugekehrt. Er lud mit dieser Luftelektricität eine Verstärkungsflasche, stellte den elektrischen Puppentanz dar, und experimentirte überhaupt damit, wie mit der Elektrisirmaschine. Im folgenden Jahre kam der Gerichtsassessor de Romas zu Nerac auf denselben Gedanken, die Elektricität aus den Wolken zu ziehen und zu prüfen. Er hatte von Franklin's Versuchen noch nicht gehört. Sein Drachen war von Papier, besaß 7¼ Fuß Höhe und drei Fuß Breite und 18 Quadratfuß Fläche. Die hanfene Schnur trug in ihrem Innern einen feinen Eisendraht um ihr elektrisches Leitungsvermögen zu verbessern. Das untere Ende der Schnur

bestand aus trockener Seide ohne Eisendraht, damit hierdurch die Elektricität isolirt werde. Ueber diese seidene Schnur wurde auch noch ein Wetterdach gestellt, um sie vor dem Naßwerden zu schützen. Eine blecherne Röhre, welche unten an der Hanfschnur befestigt war, diente als Conductor. Die Schnur war 780 Fuß lang. Der erste Versuch wurde den 7. Juni 1753 Nachmittags um ein Uhr angestellt, wo ein heranziehendes Gewitter den ersten Donner hören ließ. Der Drachen stand 550 Fuß hoch. Kaum hatte er aber diese Höhe eingenommen, so zeigte der isolirte Conductor schon Elektricität und zwar eine gewaltig kräftige. Die Zickzackfunken waren fingerdick und ihr knisterndes Geräusch war ein so lautes Knattern, daß man's auf zweihundert Schritt weit hören konnte. Die Sache kam de Romas und seinen Gefährtnn sehr unheimlich vor. Das Haar hob sich auf ihrem Kopfe, und sie verspürten im Gesichte das Gefühl, als wären sie in Spinnweben gerathen. Eine Wahrnehmung, welche bei dem Conductor der Elektrisirmaschine erst bei großer Nähe kommt, sich hier aber schon in 3 bis 4 Fuß weiter Entfernung zeigte. Sie zogen sich daher zurück und beobachteten das Weitere in größerer Entfernung. Unter dem Conductor, der etwa 3 Fuß hoch über der Erde hing erhoben sich drei Strohhalme vom Boden, wovon der größte einen Fuß lang war; sie standen aufrecht wie Puppen und tanzten einige Augenblicke im Kreise herum. Da fiel der erste Regen und das Gewitter war sehr nahe. Die Elektricität im Conductor wurde plötzlich sehr stark. Der längste Strohhalm wurde nach der Blechröhre gezogen, es erfolgten drei gewaltige Schläge, deren Laute von Einigen mit dem Platzen einer Rakete, von Andern mit dem Zerschlagen irdener Krüge auf gepflastertem Boden verglichen ward. Der dabei sichtbare Feuerstrahl war 8 Zoll lang und $\frac{1}{4}$ Zoll dick und von sehr intensivem Lichte. Der Strohhalm, welcher die Explosion veranlaßt hatte, ward an der Schnur des elektrischen Drachens 300 Fuß weit angezogen und wieder abgestoßen; bei jedem Anziehen erschien ein Feuerstrahl mit furchtbarem Knall. Man verspürte in der ganzen Luft den erstickenden, phosphorartigen Geruch des Ozons. Die Schnur war mit einem Lichtcylinder von 3 bis 4 Zoll Durchmesser umgeben, der selbst am hellen Tage sichtbar war. Endlich warfen Hagel und Regen den Drachen zu Boden. An dem Platz der ersten Strohhalmexplosion war ein Loch im Boden von 1 Zoll Weite und Tiefe."

„Das scheint mir aber ein sehr gefährlicher Versuch gewesen zu sein," sagte B...

„Allerdings," bemerkte A... und fuhr sogleich weiter fort. „Benjamin Franklin überzeugte sich bald, daß es gar nicht nöthig sei, die Elektricität der Luft so hoch aus den Wolken zu holen, daß sie sich an seinem Körper schon wahrnehmbar zeige, sobald er bei einem Gewitter auf einem isolirenden Pechkuchen stehend seinen Spazierstock in die Luft halte. Das brachte ihn auf den Gedanken eines Gewitteranzeigers. Er benutzte hierzu sein Gartenhaus. Oben auf der First desselben errichtete er eine nach Oben hin zugespitzte Eisenstange von 3 bis 4 Fuß Länge, verband dieselbe mit einem Metalldraht, der durch isolirende Glasröhren geleitet bis zur Decke des Gartensaales gezogen war und hier in das von ihm erfundene elektrische Glockenspiel endigte;

welches damals noch aus nur zwei an einem kleinen Metallbügel hängenden Cymbelglocken bestand, wovon die eine metallisch mit dem Bügel verbunden war, die andere aber an einer isolirenden Seidenschnur hing und mittelst einer in ihrem Innern befestigten herabhängenden Kette mit der Erde gutleitend verbunden war. Zwischen den beiden Glocken hing an einem seidenen Faden der kleine Klöpfel, der durch das elektrische Anziehen und Abstoßen die weithin schallenden Töne erzeugte."

Elektrisches Glockenspiel.

„Das ist eine scharfsinnige Erfindung," unterbrach hier Freund B... „Ihre Anwendung kann ich mir denken. Sie ist ganz ohne Gefahr!"

„Nun, was den letzten Punkt betrifft," sagte A..., „so kann ich Ihnen nicht gerade beistimmen. Sie hat sogar ein Menschenleben zum Opfer gefordert. Aber hören Sie weiter. Der Versuch mit diesem Glockenapparate glückte vortrefflich. Die elektrischen Glockenklänge ließen sich schon hören, wenn von dem herannahenden Gewitter auch noch nicht einmal der Donner zu vernehmen war. Die überspringenden elektrischen Funken wurden aber jedesmal sehr heftig, so oft das Gewitter über dem Scheitel stand. Franklin hielt es sogar nicht für gerathen, in der Nähe zu bleiben, wenn der Moment dieser Heftigkeit eintrat. Er warnte und machte aufmerksam auf die dadurch mögliche Gefahr."

„Gefahr!" rief verwundert B... „Das begreife ich nicht recht."

„Sie werden es schon begreifen. Hören Sie nur. Professor Richmann in Petersburg, ein noch junger, aber doch schon sehr geachteter Physiker der damaligen Zeit hatte im Sommer des Jahres 1753 einen ganz ähnlichen Apparat in seinem Hause vorgerichtet, nur mit dem Unterschiede, daß die Kette, welche aus dem Innern der einen Glocke herabhing, nicht ganz bis zur Erde geleitet, sondern an einer Eisenstange befestigt war, die unten auf dem Tische in einem mit Eisenfeilspähnen angefüllten Becherglase und oben unter der Decke in einer isolirenden Glasröhre ruhete, so daß diese Stange ganz den Platz des isolirten Conductors einer Elektrisirmaschine übernahm. Bei der Herrichtung des Ganzen war ihm der Universitätskupferstecher Sokolow behülflich gewesen. Den 6. August 1753, als Alles fertig vorgerichtet war, kam nun dieser zu

Richmann mit der Nachricht, daß ein Gewitter im Anzuge sei, er habe es eben ganz entfernt donnern gehört. Beide gingen nun rasch nach dem Zimmer des Apparats, um zu sehen, welche Wirkung die Luftelektricität darauf ausübe. Als der vorangehende Richmann die Thür öffnete, war das elektrische Glockenspiel schon in vollem Gange, das an der Stange befestigte Elektrometer zeigte einen starken Grad der Luftelektricität an. Voll Freude über das so herrliche Gelingen seines Versuchs, sprang Richmann nun hinzu, um die Sache in der Nähe betrachten zu können. Da fuhr aber mit einem furchtbaren Gewitterschlage ein Feuerballen aus der Eisenstange nach seinem vorgebeugten Kopfe und tödtete ihn auf der Stelle, während Sokolow besinnungslos zu Boden stürzte."

Freund B... hatte der Erzählung mit der größten Spannung zugehört und fuhr erschrocken zusammen, als er den tragischen Ausgang vernahm. „Der Unglückliche!" rief er voll Theilnahme. „Die Versuche der Wiederbelebung blieben ohne Erfolg?"

„Ohne Erfolg!" war die ernste Antwort. „Er war und blieb todt. Und in Zeit von vier und zwanzig Stunden zeigte der Leichnam schon die stärksten Spuren der Verwesung."

„War der Körper verletzt?"

„Nein, wenigstens nicht äußerlich. An der Stirn zeigte sich ein kleiner mit Blut unterlaufener Fleck. Die Schuhsohle am linken Fuße, wo der Blitz wieder herausgefahren, war aufgerissen, aber der Strumpf darunter war unverletzt geblieben. Unter dem Fuße selbst zeigte sich ein kleiner kaum merklicher blauer Fleck. Im Innern des Körpers war das Blut in die Lungen, in die Luftröhre und den Unterleib gepreßt, wie man dies fast immer bei Erstickten antrifft."

„Und Sokolow?"

„Kam bald wieder zu sich. Seine Kleider waren etwas durchbrannt von den umhergesprüheten Eisenfeilspähnen und den geschmolzenen Drahtstückchen. Der Glasbecher war in tausend Stücke zersprungen. Der Donnerkrach hatte weit in die Stadt hinein die Menschen erschüttert. Die Herbeieilenden verspürten den charakteristisch erstickenden Geruch und Dampf, den man damals noch auf Schwefel bezog, von dem man aber jetzt weiß, daß er vom Ozon herrührt."

Die beiden Feunde beredeten den Gegenstand noch mit einigen Worten, traten dann aber wieder ins Haus, um sich nach dem Befinden des alten Holzhackers zu erkundigen. Dieser saß schon außer Bette und war von Rührung und Dank durchdrungen als er seine Lebensretter eintreten sah. Der Kastellan verkündete mit seiner ihm eigenthümlichen Gutmüthigkeit, daß er selbst den Unglücklichen heim begleiten wollte, sobald sich derselbe so weit wieder gekräftigt fühlen würde.

Der Abend war nun gekommen und die beiden Freunde befanden sich auf dem Wege zur Stadt. Der Regen hatte sich ganz gelegt. Ueber ihnen zeigte der Himmel eine sehr zerrissene Wolkenbildung, während vor ihnen, unten am Horizont ein finsterer Wolkendamm emporstieg. Die Frische der Luft war beinahe ganz wieder verschwunden.

„Es scheint noch ein Gewitter nachkommen zu wollen," bemerkte Freund B..., und deutete auf den dunkeln Himmel hinter der Stadt.

„Die Wärme der Luft ist auch schon wieder da," sagte A... „Es wird wol noch einmal anfangen. Ohne Zweifel sind wir aber dann schon bei unserer Familie."

„Freund B... lenkte dann die Unterhaltung wieder auf den vorhin besprochenen Gegenstand. „Es wundert mich doch," sagte er, „daß Franklin die Versuche mit dem elektrischen Drachen nicht weiter fortgesetzt hat. Sie waren doch sehr belehrend und bei seiner Vorsicht auch weniger gefährlich."

„Ohne Gefahr waren diese Versuche nie," sagte A..., „das hatte Franklin ganz klar erkannt, darum warnte er vor der Nachahmung und empfahl die größte Vorsicht. Das Gewitter sei ein unheimlicher gewaltiger Feind, dem man ja nicht zu sorgenlos und unbedachtsam nahe treten dürfe. Selbst den mit Glocken verbundenen Gewitteranzeiger entfernte er aus seinem Hause, weil es gefährlich sei, einem solchen Feind Obdach zu geben. Die Auffangestange oben auf der Firste des Hauses behielt er aber bei und brachte sie außen mit metallischen Leitern in Verbindung, weil er überzeugt war, daß eine solche Vorrichtung den Gebäuden sogar Schutz verleihen müsse. Denn die emporragenden Spitzen entzögen der Luft ohne Explosion und ganz unmerklich die Elektricität und die gute Leitung führe sie eben so unschädlich der Erde zu. Das war der Grundgedanke zu seinem Blitzableiter."

Jetzt wurde die Aufmerksamkeit der beiden Wanderer wieder auf den vor Augen liegenden Gewitterhimmel gelenkt. Es zeigte sich ein eigenthümliches Lichtzucken in dem dunkeln Segment tief unten am Horizont. Die Wolken schienen sich zuweilen weit auseinander zu spalten, um der flimmernden elektrischen Lichtmaterie einen freien Durchgang zu gestatten. „Es scheint nicht mehr zu einem ordentlichen Gewitter kommen zu können," sagte B..., „ wir haben nur Wetterleuchten."

„Sie nehmen das Wetterleuchten also für kein Gewitter?" fragte lächelnd A...

„Nein," antwortete der Gefährte. „Ich war wenigstens bisher immer der Meinung, daß dasselbe nichts weiter sei als ein schwaches elektrisches Leuchten der Wolken, welches nicht stark genug sei, Blitz und Donner zu entwickeln."

„Diese Ansicht galt früher für die richtige," bemerkte A... „Jetzt hält man das Wetterleuchten ganz entschieden auch für ein Gewitter, aber für ein solches, das noch unter dem Horizont des Beobachters liegt. Es fehlt nicht an Beispielen, wo derselbe unten am Fuße eines Berges gesehene Lichtschimmer oben auf der Höhe als wirklicher Zickzackstrahl gesehen worden ist."

„So sehen wir also jetzt nur den Wiederschein und noch nicht den Blitz selbst," fragte B... „Auch meinen Sie, daß das Oeffnen der Wolken nur Täuschung sei?" —

„Sehr richtig. Blos Täuschung," versicherte A...

„Das will mir nicht recht einleuchten," sagte B... „Warum hört man aber den Donner nicht? Ich sollte denken, wenn auch der wirkliche Blitz unser

Auge noch nicht erreichen kann, so müßte doch wenigstens der Donner zu unseren Ohren gelangen."

„Da berichtigt die Natur schon selbst Ihre Ansicht," sagte der Physiker indem er auf den Himmel wies, wo sich der bisher unbestimmte Lichtschein als Zickzackblitz zeigte, aber vom Donner noch nichts zu hören war. „Es wird gar nicht mehr lange dauern, so haben wir wieder Alles beisammen, was zum Gewitter gehört. Schon vor mehr als hundert Jahren hatte Muschenbroek die langjährige Erfahrung ausgesprochen, daß es in Leiden nie donnere, wenn sich über dem nur zwei Meilen davon entfernten Haag ein Gewitter entlade; man sehe des Abends dann immer nur ein Wetterleuchten. Seitdem hat man diese Wahrnehmung auch an vielen anderen Orten bestätigt gefunden. Man weiß jetzt, daß kein Gewitterdonner mehr gehört werden kann, der mehr als drei Wegstunden vom Ohr entfernt ist."

„Das überrascht mich ungemein," rief der Andere voll Verwunderung. „Ich habe den Donner des Gewitters immer für viel stärker gehalten als den der Kanonen."

„Verstehen Sie mich ja nicht unrecht," sagte eifrig Freund A... „Ich bin weit davon entfernt, den Gewitterdonner für schwächer zu halten als den der Kanonen. Nur die Thatsache habe ich hervorgehoben, daß der erstere viel mehr Widerstand in seiner Fortpflanzung erhält als dieser."

„So — —," sagte nachsinnend B... mit ungläubiger unbefriedigter Miene. „Aber dennoch kommt mir die Sache widersprechend vor. Denn als Genua von den Franzosen bombardirt worden ist, da hat man ja den Kanonendonner in Livorno gehört. Das ist doch eine Entfernung von zwanzig geographischen Meilen."

„Das beweist nicht mehr und nicht weniger, als was ich Ihnen schon zugestanden habe. Sie dürfen ja nicht übersehen, daß der Schall sehr viel besser durch die feste Erde und ihre Wasser fortgepflanzt werde, als durch die Luft, daß er in der Atmosphäre besser von unten nach oben als umgekehrt vorschreitet, und daß er in eben dem Maße mehr Hindernisse in seinem Fortschritt erfährt, je ungleicher dicht die Luft ist, in der er sich bewegt."

„Nun, ich will nur nicht länger zweifeln. Die Sache wird schon ihre Richtigkeit haben. Aber still — —" unterbrach sich Freund B... und horchte mit größter Spannung in die dunkle Nacht hinein. „Jetzt kommt's mir vor, als wenn es auch donnerte!" — —

Beide standen einen Augenblick still und strengten sich an etwas vom Donner zu vernehmen. Sie hörten aber nichts und wollten schon wieder weiter gehen. Da zeigte sich plötzlich ein neuer kräftiger Blitz und bald darauf ließ sich auch ein leiser Donner hören. Freund B... hatte schnell seine Pulsschläge gezählt und einige 70 herausgefunden. „Nach meinen Pulsschlägen," sagte er dann, „müßte das Gewitter noch recht gut 6 Wegstunden von uns entfernt sein. Ich zählte nämlich 75 Pulsschläge und da man auf jeden Pulsschlag 1000 Fuß Entfernung rechnet . . ."

Sein Gefährte unterbrach ihn durch ein recht herzliches Lachen. „Das Maß der Zeit nach Pulsschlägen ist sehr unzuverlässig," sagte er dann, „es kann selbst bei demselben Menschen kaum einen Augenblick für constant genommen werden. Der Pulsschlag eines gesunden Menschen bedarf auch keine Sekunde Zeit, meistens nur die Hälfte. Man hat die Zeit zwischen Blitz und Donner viel genauer mit Hülfe guter Tertienuhren gemessen, und gefunden, daß sie allerhöchstens nur 45 Sekunden betragen kann, also wäre das Gewitter, welches eine solche Zwischenzeit zwischen Blitz und Donner gebe, noch 45,000 Fuß von uns entfernt. In der größten Nähe soll diese Zwischenzeit nur ¼ Sekunde betragen- folglich wäre dann das Gewitter nur 500 Fuß von uns entfernt. Uebrigens braucht wol kaum erwähnt zu werden, daß diese Zeitmessungen in Hinsicht de, Genauigkeit auch noch Vieles zu wünschen übrig lassen. Ferner fand man durch, schnittlich die längste Dauer eines Donners 40 Sekunden, und die Blitzlänge welche ihm entspricht, kann also noch nicht 2 Meilen betragen haben."

„Wie? — —" fragte B... sehr überrascht. „Höre ich recht? — — Sie bringen die Dauer des Donners mit der Länge des Blitzes in Beziehung?"

„Ja," antwortete der Befragte mit Ruhe.

„Das begreife ich nicht. Ich weiß wol, daß der Blitz die Ursache des Donners ist, aber so klar ist mir dieser Zusammenhang nicht, daß ich solche Folgerungen daraus ziehen könnte. Ich schäme mich ordentlich Ihnen gestehen zu müssen, daß ich noch nicht einmal weiß, wie der Blitz den Donner erzeugen kann."

„Halt, Halt! —" rief lächelnd der Naturforscher. „Sie treiben die Selbstdemüthigung hier viel zu weit. Die Männer von Fach sind in dieser Hinsicht auch nicht klüger als Sie."

„Nicht?! — Sie scherzen."

„Durchaus nicht," betheuerte der Physiker. „Hypothesen haben wir genug aber wenige, die so wahrscheinlich sind, daß man sie für unzweifelhafte Wahrheit nehmen könnte. Die Alten hielten den Donner für den Schall, der durch den Zusammenstoß der Wolken entstände; hiernach ist es aber unbegreiflich, warum die Wolken nicht auch ohne Blitz donnern sollten. Später nahm man an, daß der Donner ähnlich wie der Knall der Peitsche durch das rasche Durchschneiden der Luft entstände; — dabei vergaß man aber, daß ein im stärksten Schwunge sich loslösender Peitschenstrang nur sausend durch die Luft fährt ohne zum Knall zu kommen. Noch Andre meinten, daß das knisternde Geräusch des Funkens bei der Elektrisirmaschine im Kleinen das sei, was der Donner im Großen wäre. Diese Ansicht ist auch stark angegriffen und längere Zeit ganz aufgegeben worden; jetzt ist man ihr wieder am allermeisten zugethan. Die Versuche Franklin's und de Romas haben gelehrt, wie aus dem elektrischen Knistern ein gewaltiges Knattern und Knallen werden kann, wenn das Gewitter näher rückt. Auch wird es gewiß noch in Ihrem Gedächtniß sein, wie heute bei dem Einschlagen auch erst ein knatternder schwacher Anfang und dann der Alles betäubende furchtbare Donnerknall sich hören ließ."

„Ach gewiß!" betheuerte der Angeredete. „Ich werde das nie wieder vergessen."

„Das glaube ich Ihnen gern," sagte der Andere. „Gewöhnlich hält man aber nachfolgende Hypothese für wahrscheinlich. Der Blitz verdichtet bei seinem Ueberspringen von Wolke zu Wolke die Dunstbläschen zu tropfbarem Wasser, wodurch sich jedesmal ein luftleerer Raum bildet, der von der angrenzenden Luft wieder ausgefüllt wird. Dies Einströmen der Luft in den luftleeren Raum erzeuge dann das Rollen des Donners. Diese Ansicht hat sich die meisten Anhänger erworben, und gewinnt besonders dadurch an Wahrscheinlichkeit, daß man bei jedem Gewitter recht gut erkennen kann, wie nach jedem Blitz und Donner ein heftiger Regenguß entsteht. Ich will dieselbe auch gar nicht bestreiten, nur glaube ich, daß es recht gut möglich ist, sie mit der vorigen zu vereinigen. Der gewöhnliche Einwurf, daß man nicht recht begreifen könne; wie durch den Blitz große leere Räume gebildet werden könnten, fiele dann ziemlich ganz hinweg. Wir haben bei dem Entschälen der Pappel heute einen kräftigen Wahrscheinlichkeitsgrund vor Augen gehabt."

„Das ist mir nun ziemlich klar," sagte B ..., „nur kann ich die große Verschiedenheit, in der sich der Donner hören läßt, noch nicht recht gut mit der Hypothese in einen erklärenden Zusammenhang bringen. Denn bald hat der Donner seine größte Stärke im Anfang, bald in der Mitte, bald am Ende, bald zeigt er sich wogend auf das Ganze vertheilt; zuweilen ist er gedämpft dumpf, als bewege er sich in Polstern, dann ist er klar und rund wie das Rollen einer Kugel auf hohlem festen Boden, zuweilen ist er auch eckig scharf, als bewege er sich zerreißend und zerbrechend durch Breter und andere feste Stoffe."

„Vortrefflich!" rief freudig der Naturforscher. „Sie haben sehr gut beobachtet. Indeß werden Sie zu dem Allen den Schlüssel haben, wenn Sie nur nicht außer Acht lassen, daß die Wege des Blitzes spiralförmig gewunden und gebogen eine gar verschiedene Lage zum Ohr haben können. Geht z. B. der Blitzweg von unserer Nähe direkt in die Ferne, so muß der Donner seine hervorragende Stärke auch im Anfang haben; kommt er aus der Ferne zu uns her, so muß dies auch beim Donner der Fall sein u. s. w. Wie wollen Sie nun aber hiernach das charakteristische Krachen, Knattern, Reißen des Donners erklären, welches sich jedesmal da hören läßt, wo man zu sagen pflegt, es hat eingeschlagen?"

„Das weiß ich in der That nicht! —" rief erstaunt der Andere.

„Und dennoch liegt die Erklärung schon in dem Ausspruch des gemeinen Mannes," sagte A ... „Denn dieser ganz eigenthümliche Donner läßt sich nie anders hören, als wenn der Blitz seinen Weg von den Wolken zur Erde einschlägt, wo er also ähnlich wie die Elektricität in der Verstärkungsflasche in den höchsten Grad der Spannung gekommen ist. Die trennende Luftschicht zwischen Gewitterwolke und Erde ist verhältnißmäßig immer viel dichter, als die zwischen den zerstreuten Gewitterwolken, daher isolirt sie auch stärker und verlangt mithin auch eine viel größere Kraft des Blitzes, wenn er diese Scheidewand durchdringen soll. Das ist nun Alles ganz gut. Aber auf Eins möchte ich Sie noch aufmerksam machen. Haben Sie wol 'mal ein Gewitter in Gebirgen erlebt?"

„Ja!“ antwortete mit Eifer der Befragte. „Ja, ja, das habe ich und gefunden, daß da der Donner viel gewaltiger sich hören läßt.“

„Schon gut,“ bemerkte A... „Haben Sie dort auch wol einmal einen Schuß fallen hören?“

„Ei freilich, schon oft.“

„Ist Ihnen dabei nicht eine Aehnlichkeit mit dem Rollen des Donners aufgefallen?“

„In der That. Aber ich hielt dies für die Wirkung des Echos.“

„Das ist es ja gerade, woran ich noch erinnern wollte. Das Echo spielt bei der Entwicklung des Donners immer eine Hauptrolle mit. In den Gebirgen mehr als auf dem flachen Lande. Daß dasselbe aber auch in den Ebenen nicht ganz wegfällt, erkennen wir bei dem Abfeuern der Kanonen und kleineren Geschossen, sobald wir nur nicht ganz nahe dabei stehen. Selbst auf dem Meere fehlt dieser andauernde Hall nicht. Der Schallreflex zwischen Wolken und Erde, zwischen Berg und Thal trägt also immer etwas zur Verlängerung, Vergrößerung und Abänderung des Donners bei.“

„Das ist wahr,“ sagte B... „Ich bin recht erfreut über diese Belehrung. Haben Sie Dank. Es ist schade, daß wir mit unserm Spaziergange schon so nahe am Ende sind. Wie rasch ist die Zeit verflogen!“

„Fast so schnell wie der Blitz,“ bemerkte scherzend der Physiker.

„Spotten Sie nur!“ rief B... mit etwas betretener Miene. „Aber Sie erwähnten soeben noch einen sehr interessanten Punkt. Ist es denn wahr, daß sich der Blitz so schnell wie das Licht bewegt?“

„Ja, und aus dem einfachen Grunde, daß er selbst Licht ist. Man will sogar gefunden haben, daß er sich noch schneller bewegt. Ich glaube nur noch nicht daran. Die bisher darüber angestellten Versuche berechtigen uns zu der Annahme, daß das elektrische Licht sich wenigstens nicht langsamer bewege als das Licht überhaupt. Wollen Sie noch etwas darüber hören?“

„Sie würden mich sehr dadurch erfreun.“

„Haben Sie wol schon einmal Ihr Nachdenken auf die Wahrnehmung gerichtet, daß der glimmende Funke am ausgeblasenen Schwefelholz rasch bewegt eine zusammenhängende Lichtlinie bildet?“ fragte der Naturforscher.

„Recht oft,“ war die Antwort. „Man kann damit einen ordentlichen Feuerkreis bilden. Wenn ich nicht irre, so rührt dies von einer gewissen Andauer der Einwirkung des Lichts auf unser Auge her.“

„Schon gut,“ sagte A... „Wir erkennen diese Wirkung auch an den Lichtwegen der Sternschnuppen, der Raketen, aber auch bei blos erleuchteten Gegenständen, z. B. bei den rasch bewegten Rädern auf der Eisenbahn scheinen die Speichen eine Fläche zu bilden, oder bei einem Spinnrade bilden die Oeffnungen zwischen den Speichen einen zusammenhängenden offenen Kreis, so daß man unbehindert hindurchsehen kann. Man hat nun versucht, die Dauer dieses Lichteindrucks auf Zahl zurückzubringen, und nahm zu diesem Zweck eine glühende Kohle, befestigte sie an der Peripherie eines Rades, welches rasch um seine Axe

gedreht werden konnte. War diese Bewegung nun so geschwind, daß das Rad in einer Sekunde wenigstens 10 Umläufe macht, so zeigte die Kohle den zusammenhängenden Lichtkreis. Woraus also folgt, daß ein solcher Lichteindruck $\frac{1}{10}$ Sekunde im Auge andauert. Ein schwarzes Rad mit einer einzigen weißen Speiche wurde zu einer weißen Kreisfläche, sobald es nur in einer Sekunde zehn Umläufe machte, und besaß das Rad in gleicher Vertheilung 10 solcher Speichenradien, so braucht es in einer Sekunde nur einen Umlauf zu machen und es fehlte das Ineinanderfließen der Speichen zu einer Kreisfläche nicht. Bewegte sich dagegen das Rad noch eben so geschwind als vorher, so brauchte die Beobachtung nur den zehnten Theil von $\frac{1}{10}$ Sekunde zu dauern und das Auge sah schon die weiße Scheibe. Hätte nun das Rad 1000 solcher Speichen gehabt, so brauchte unter übrigens gleichen Umständen die Beleuchtung nur $\frac{1}{10000}$ Sek. zu dauern, um das Rad als weiße Fläche zu sehen. Wheatstone, der scharfsinnige englische Naturforscher ging nun mit einem solchen Rade von 1000 weißen Speichen an das Messen der Geschwindigkeit des Blitzes. Er stellte dasselbe in einem dunkeln nach der Gewitterseite offenen Zimmer auf, gab ihm zuerst die Geschwindigkeit, daß es 10 Umläufe in einer Sekunde machte und wartete die Erleuchtung des Rades durch den Blitz ab. Als diese erfolgte, so sah er das Rad mit allen seinen Speichen, als befände es sich ohne alle Bewegung in vollkommner Ruhe. Was folgt daraus?"

„Daß die Beleuchtung durch den Blitz noch nicht einmal $\frac{1}{10000}$ Sekunde gedauert habe," antwortete rasch Freund B ...

„Sehr richtig," sagte A ... „Wheatstone ließ das Rad nun 20, 30, 40, 50, 60 Umdrehungen in der Sekunde machen, aber immer zeigte dasselbe noch seinen scheinbaren Stillstand in der vorüberfliegenden Beleuchtung durch den Blitz. Daraus folgte nun, daß der Blitz seinen Weg durch die Wolken in noch kleinerer Zeit als $\frac{1}{10000}$ einer Sekunde zurückgelegt habe. Erst als er das Rad 70 Umläufe in einer Sekunde machen ließ, erschien endlich die erzielte weiße Fläche."

Jetzt hielt der Redende einen Augenblick inne, um seinem sehr gespannten Zuhörer Zeit zum Nachdenken zu geben. „Mein Gott, wie scharfsinnig und fein ist der Versuch ausgedacht!" rief dieser dann.

„Das ist wahr," bemerkte A ..., „um so mehr ist es aber zu beklagen, daß das Ganze dennoch zu keinem recht befriedigenden Resultate geführt hat."

„Wie so?!" rief B ... „Ich denke, es ist damit offenbar bewiesen, daß die Geschwindigkeit des Blitzes ganz außerordentlich groß ist."

„Wenn man keine größeren Ansprüche an eine physikalische Messung macht," sagte A ..., „so wäre in der That leicht zu genügen. Erhalten Sie denn schon eine Antwort auf die Frage, ob der Blitz sich schneller als das Licht bewegt?"

„Warum nicht?" sagte B ... „Glauben Sie denn, ich hätte mein Ziel so rasch aus dem Auge verloren? Nein sicher nicht! Ich will Ihnen sogleich den Beweis geben. Nach der durchschnittlichen Dauer des Donners ist die Länge des Blitzweges eine Meile. Also gebraucht das Blitzlicht, um eine Meile zu

durchlaufen noch nicht $\frac{1}{10000}$ Sekunde Zeit. Daraus folgt nun, daß das Gewitterlicht in einer Sekunde wenigstens 60,000 Meilen zurücklegen kann. Da aber das Sonnenlicht in derselben Zeit nur 40,000 Meilen durchläuft, so wäre der Blitz $1\frac{1}{2}$ mal so geschwind als das Sonnenlicht."

„Ganz recht," sagte A... „Sie haben aber dabei noch eine kleine Voraussetzung gemacht, welche der ganzen Sache gerade die Unsicherheit giebt. Nämlich die, daß die Länge des Blitzweges durchschnittlich eine Meile lang sei. Eine solche Annahme beruhet zu sehr auf ungefährer Schätzung. Die längste Donnerdauer beträgt 40 Sekunden. Angenommen nun, sie sei bei der von Wheatstone durchgeführten Messung 36 Sekunden gewesen, so wäre die Blitzlänge $1\frac{1}{4}$ Meile lang gewesen und man hätte dann gefunden, daß das Blitzlicht in einer Sekunde 90,000 Meilen zurückgelegt habe. Sie wissen aber, wie bei dem Donner das Echo die Dauer vergrößern kann, daher muß dafür etwas zu Gute gerechnet werden, und wir thun sicher nicht zu viel, wenn wir dann sagen die durchschnittliche Echofreie Dauer des Donners betrage nur 16 Sekunden, oder der durchschnittliche Blitzweg betrage in einer Sekunde 16,000 F. oder $\frac{1}{2}$ Meile; und unter dieser Voraussetzung wäre die Geschwindigkeit des Blitzes gerade so groß als die des Sonnenlichtes. Uebrigens haben andere Physiker auf anderen Wegen auch andere Resultate erreicht. So fand Walker in Amerika die Geschwindigkeit auf die Sekunde bezogen für die Telegraphenelektricität nur 4000 Meilen, während Fizeau in Frankreich dieselbe zu 14,000 Meilen festsetzte, wenn der Weg Eisendraht war; dagegen zu 24,000 Meilen bei Kupferdraht."

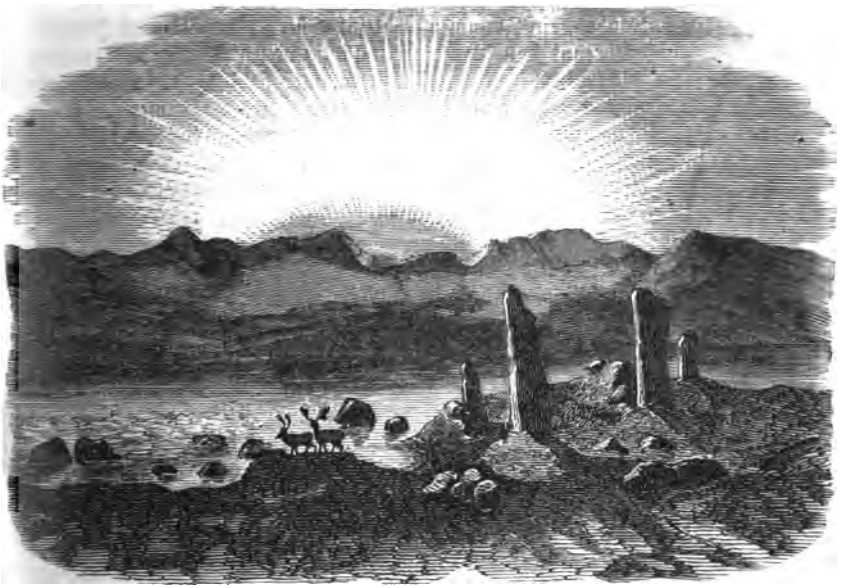
„Sehr abweichende Resultate," sagte B... gedankenvoll. „Es fehlen uns also noch recht zuverlässige scharfe Ausmessungen."

„Die letzten Bestimmungen dürfen indeß nicht so ohne Weiteres mit der Wheatstone'schen in Vergleich gebracht werden," nahm A... wieder das Wort. „Denn einmal ist die galvanische Elektricität der Luftelektricität nicht identisch, dann wird dieselbe gezwungen, sich auf einem vorgeschriebenen Wege zu bewegen und zuletzt ist die Spannung der Kraft beider gewiß nicht immer dieselbe."

„Das führt aber gewaltig in die Gelehrsamkeit, lieber Freund!" rief B... „Dahin kann ich nicht folgen. Verschiedenheit der Elektricität, vorgeschriebene Wege, Spannung der Kraft — — das ist Alles ganz gut, aber die Sache wird zu fein. Ich möchte gar gern noch über einen andern Punkt Aufschluß haben. Wie kommt überhaupt die Elektricität in die Luft?"

„Die Beantwortung dieser Frage ist wichtig," sagte A..., „ und ich kann es nur beklagen, daß uns dazu kaum noch Zeit übrig bleibt. Ich muß eilen nach Haus zu kommen; meine Familie wird sich gewiß schon sehr um mein langes Ausbleiben geängstigt haben. Doch in zwei Worten noch das Wesentliche. — Die alten Ansichten, wonach sich in der Luft Schwefel, Salpeter und Kohle zu Schießpulver vereinigte und dann durch Reibung elektrisch würde, sind zu lächerlich, als daß man darauf Werth legen könnte. Man hat sich ferner durch vielfach angestellte Versuche davon überzeugt, daß die Luft durch Reibung nicht elektrisch werde. Also auch hierdurch keine Quelle der Luftelektricität. Da zeigte sich aber, daß jeder

chemiſche Prozeß nicht blos Folge der Elektricität ſei, ſondern auch zugleich wieder eine Urſache derſelben. Daher kam es denn, daß man annahm, die Luftelektricität rühre von dem Prozeß der Verdampfung des Waſſers und der Verdichtung des Dampfes zu Waſſer her. Dieſe Anſicht gilt noch, nur haben die neueren Forſchungen viel mehr Klarheit in die Sache gebracht. Man weiß nämlich, daß Wärme, Elektricität und Magnetismus in allen Naturſtoffen vorkommen, und daß davon bald die eine, bald die andere wahrnehmbar werden kann. Berühren ſich ungleich erwärmte Stoffe, ſo werden ſie elektriſch und magnetiſch. Dieſe ungleiche Erwärmung fehlt nun in unſerer Atmoſphäre nie, alſo iſt dieſelbe auch ohne Aufhören elektriſch und magnetiſch."



Nordlicht.

„Das nenne ich kurz gefaßt!" rief B... „Doch ſpäter mehr davon. Heute nur noch die Frage, was iſt ein Nordlicht?"

„Ein magnetiſches Gewitter," antwortete A... „Dieſe Antwort rührt von unſerm großen Humboldt her, noch ehe man die Wechſelbeziehung zwiſchen Wärme, Elektricität und Magnetismus kannte. Er behandelt dieſen Gegenſtand mit ganz beſonderer Vorliebe im erſten Theile ſeines Kosmos, worauf ich Sie zum weitern Nachleſen verweiſe."

„Ich hätte nun recht gern auch ein Wörtchen von Ihnen darüber gehört, da ich weiß, daß Sie ſelbſt Augenzeuge dieſes intereſſanten Phänomens geweſen

sind, als Sie Schweden durchreisten," sagte B... „Aber Sie haben wol heute nicht mehr Zeit und Ruhe dazu."

„Doch, doch mein lieber Freund!" rief A... „Wenn dieser Gegenstand zur Sprache kommt, so fehlt es mir nie an Zeit und Lust, tiefer hineinzugehen. Ich habe bei meinem Aufenthalt in Upsala das Nordlicht sehr schön gesehen und sorgfältig beobachtet. Einige Stunden nach Sonnenuntergang zeigt sich unten am nördlichen Horizont ein dunkler Kreisabschnitt mit einem eigenthümlichen obern Lichtbogen begrenzt. Zuweilen zerstreut sich dieser Anfang zu dem Polarlicht wieder und zwar mit einer unruhigen Bewegung zwischen Licht und Finsterniß, meistens bleibt er aber stehen und zeigt dann eine innere zuckende Unruhe. Darauf scheint sich eine Stelle des dunklen Segments zu entzünden, ein Flammenstrahl fährt über den besternten Himmel, und im Augenblick brennt das Ganze in unzählig vielen ähnlichen Strahlen. Ueberall wo ein Lichtbüschel zum Vorschein kommt, sieht es aus, als habe er das dunkle Fußgebilde durchbrochen. Ist endlich das Phänomen in seiner vollen Pracht, so sieht man hoch über sich eine sogenannte Lichtkrone, einen Centralpunkt, von dem alle Strahlen auszugehen scheinen. Oft schwindet die Erscheinung, kommt dann aber bald wieder mit neuem Glanze zum Vorschein. Ich habe das Entstehen und Vergehen einst eine ganze Nacht hindurch beobachtet, so daß es nur in der Tageshelle am Morgen ganz verschwand. Das Strahlenschießen ist in einer unaufhörlichen Bewegung, bald ein Flimmern, bald ein Blitzen, bald ein Flattern, bald ein Vor- und Zurückzucken. Manchmal ist der Schein des Ganzen so stark, daß ihm selbst das Mondeslicht nichts anhaben kann. Ja er wird gemeiniglich durch den Conflikt mit diesem Lichte zu einem unbeschreiblich schönen Farbenspiel; die Strahlen sind dann gelb und roth gefärbt als gehörten sie zu einem wirklichen Feuer. Daß die Strahlen auch ein Geräusch von sich geben sollen, habe ich nie wahrnehmen können. Selbst wenn die Erscheinung sich mit der größten Heftigkeit und Lichtstärke entwickelte, habe ich auch nicht den leisesten Laut vernehmen können, der darauf zu beziehen gewesen wäre. Uebrigens ist man hier leicht der Täuschung unterworfen, so daß man in der stillen Nacht jedes Sausen und Zischen, das sich bald hier bald dort durch die Luftbewegung hören läßt, auf das Phänomen selbst beziehen könnte. Mir scheint es eine durchaus stille That der Natur zu sein. Zuweilen erhebt sich über dem untern dunklen Segment noch ein zweites, manchmal sogar noch ein drittes, und es schießen auch aus ihnen Lichtstrahlen hervor, so daß sich zwei und drei Nordlichter zu gleicher Zeit über einander bilden."

„Das muß herrlich anzuschauen sein," sagte staunend der Zuhörer. „Hier habe ich das Nordlicht auch wol gesehen aber nie mit der Pracht und Schönheit, wie Sie es jetzt schildern. Wie weit hin hat man denn noch Spuren davon?"

„Humboldt hat das Nordlicht selbst noch in Peru ganz deutlich sehen können, und Dalton erzählt, daß er in London oft Spuren von einem Südlicht gesehen habe. Auch hat man selbst in der Nähe des Südpols nicht blos

das südliche, sondern selbst das nördliche Polarlicht gesehen. Uebrigens entsteht dieses Licht nicht immer genau in der Richtung der Erdpole; so sieht man's in Grönland gewöhnlich stark westlich. Aber immer entsteht dasselbe in der Richtung der Magnetnadel, so daß die Magnetpole der Erde die eigentliche Lage zu bestimmen scheinen."

„Das ist wol die Beziehung der Naturerscheinung zum Erdmagnetismus, worauf Humboldt in seiner Benennung hindeutet?"

„Nein, diese liegt noch tiefer. Im Jahre 1741 hatte Celsius zu Upsala bei der Beobachtung eines sehr starken Nordlichts bemerkt, daß die Magnetnadel, welche er zum Orientiren benutzte, in eine unruhige, zitternde und zuckende Bewegung gekommen war, die so lange anhielt, wie die Erscheinung selbst. Dieselbe Wahrnehmung hatte Hiorter zu Christiania fast um dieselbe Zeit gemacht. Das war eine höchst interessante Entdeckung, welche durch fleißiges Beobachten sich so bestätigte, daß sie nie fehlte, wie oft und unter welchen Umständen das Phänomen auch zum Vorschein kam. Im Jahre 1819 forderte Hansteen zu Christiania die Gelehrten auf, ihre Aufmerksamkeit auf diese Erscheinung zu lenken. Er sagte, die Erde rede hier eine Sprache durch die Magnetnadel, die wir noch gar nicht verständen, es sei hohe Zeit, dieselbe sorgfältig zu studiren. Das veranlaßte unsern Humboldt, die Naturforscher der Erde zu einem Vereine zu verbinden, welcher den Zweck hatte, die Grundgesetze des Erdmagnetismus und seine Beziehung zum Polarlicht zu erforschen. In diesem Vereine zeichnete sich der große Gauß sowol durch die Erfindung seines berühmten Magnetometers als durch die Vereinigung und Verwerthung aller Beobachtungen aus. Man fand bald, daß die Magnetnadel in der That jedesmal vor dem Nordlicht in unruhige Schwankungen gerathe, und daß dieselben ganz harmonisch an allen Orten der Erde durchgeführt werden. Mittlerweile hat Oersted entdeckt, daß die Elektricität immer Magnetismus erwecke. Und Faraday hatte gefunden, daß der Magnetismus jedesmal auch Elektricität erzeuge. So kam man zuletzt zu der Ueberzeugung, daß die Sonnenwärme die Erde und ihre Atmosphäre fortwährend elektrisch und magnetisch mache und zwar so, daß da, wo die größte Wärme erzeugt würde, auch die stärkste Elektricität vorkomme, und wiederum da, wo die größte Kälte hause, auch der Magnetismus am meisten vorwalte."

„Aber das Leuchten?" fragte B... „Magnetismus und Leuchten, das weiß ich gar nicht mit einander zu verbinden."

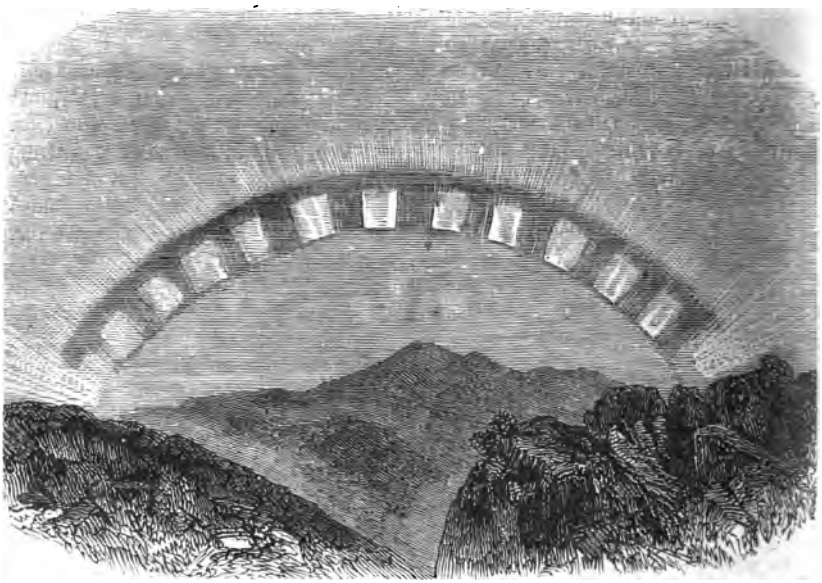
„Nun darüber ist man jetzt auch im Reinen," sagte A... „Hawksbee hat zu Anfang des vorigen Jahrhunderts zuerst die Entdeckung gemacht, daß im luftleeren oder auch nur luftverdünnten Raume die Elektricität nicht blos sehr gut geleitet werde, sondern daß sie auch leuchte und zwar in flimmernden und zuckenden Strahlen, welche mit dem des Polarlichtes die allergrößte Aehnlichkeit haben. Dies Leuchten im luftleeren Raume hat man in unseren Tagen auch mit der durch Magnetismus erweckten Elektricität hervorgebracht. Es ist dies das sogenannte elektrische Ei, welches die Gelehrten unserer Tage so lebhaft be-

ſchäftigt. Bedenken wir nun, daß die Höhe der Nordlichtſtrahlen 44 Meile hoch gefunden iſt, ſo fehlt es in dieſer Region auch nicht an der verdünnten Luft, welche dem Phänomene des Leuchtens nöthig iſt."

„Das iſt ſehr intereſſant," ſagte B... „Aber jetzt auch keine Frage mehr. Es iſt die höchſte Zeit, daß wir heimkommen. Sie haben mir ſehr viel Vergnügen gemacht durch Ihre bereitwillige freundliche Belehrung. Nehmen Sie meinen wärmſten Dank dafür."

„Wenn es Ihnen gefallen hat, ſo biete ich gern die Hand zur baldigen Fortſetzung. Ich freue mich ſehr, wenn ich Jemand treffe, der ein aufmerkſames Auge für die Natur hat. Alſo auf baldiges Wiederſehen."

„Und baldige Fortſetzung," fügte noch B... in ſeinen Abſchied.



Nordlicht.

Sonnenuntergang in der ungarischen Pusta.

XI.

Das Licht und die Atmosphäre.

Der oben auf die Thurmspitze gesetzte Knopf sieht unten auffallend größer aus. Augentäuschung. Unsicherheit des Augenmaßes. Streben des Auges, größere Entfernungen von ihm für gleich zu halten. Das kreisrunde Begrenztsein des Horizonts. Das Himmelsgewölbe, ein Gesichtsbetrug. Die bald größere bald geringere Abgeplattetheit dieses Gewölbes. Die blaue Farbe des Himmels. Die Abend- und Morgenröthe. Der Nebelsaum der Abendkühle. Das Wasserziehen der Sonne. Der Erdschatten am Himmel. Die ungewöhnliche Größe von Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange.

Gegen Abend eines heitern Herbsttages schritten die beiden Freunde, welche wir im vorigen Kapitel schon kennen lernten, auf einem einsamen ländlichen Spazier-

gange in traulichem Gespräche dahinschreiten. Der Gegenstand ihrer Unterhaltung bezog sich heute auf eine etwas seltene Feierlichkeit ihres Wohnorts, wodurch kurz zuvor die ganze Einwohnerschaft in Bewegung gesetzt worden war. Man hatte einem neu erbauten Kirchthurme soeben Knopf und Wetterfahne aufgesetzt. Die beiden Freunde waren Augenzeugen dieser Festlichkeit gewesen. Freund B... drückte darüber seine Verwunderung aus, daß der zur Schau umhergetragene, schön vergoldete Knopf jetzt oben in seiner Höhe so überraschend klein aussähe, obgleich derselbe unten, auch selbst in namhafter Entfernung gesehen, eine so gewaltige, die Proportion zum Thurme scheinbar störende Größe gehabt habe. Der Andre fand dagegen diese Wahrnehmung ganz natürlich, da nach bekannten optischen Gründen das Auge alle im Horizonte gesehenen Gegenstände für größer halte, als die hoch über ihm gelegenen, selbst wenn die Entfernung vom Auge unveränderlich dieselbe bliebe; am überraschendsten sei dies bei dem Auf- und Untergange von Sonne und Mond; auch erschiene aus eben diesen Gründen das eingebildete Himmelsgewölbe nicht genau kugelrund, sondern immer etwas flach wie ein Uhrglas.

„Und diese Gründe wären?" — fragte B... voll Eifer und ließ deutlich merken, wie lebhaft ihn die Sache interessirte.

„Ganz einfach, die bessere Durchsichtigkeit der Luft in den mehr über den Horizont erhobenen Richtungen," entgegnete der Physiker mit einer Ruhe, welche klar erkennen ließ, wie sicher sein Wissen war, und wie er es gar nicht anders erwarte, als daß sein Begleiter sich damit noch nicht zufrieden stellen werde.

„Das nenne ich kurz abgefertigt," sagte B... „Dem Naturforscher von Fach mag dies wol genügen, für uns Andere ist aber dadurch noch nichts erklärt, sondern die Wißbegierde erst eigentlich angeregt. So leichten Kaufs werden Sie mich nicht los. Ich bin sehr froh, daß meine Verwunderung über die Thurmknopfgröße in so enger Beziehung zu den Naturerscheinungen des Himmels steht, die mich schon lange lebhaft beschäftigt haben. Sie würden mich zu dem schönsten Danke verpflichten, wenn Sie mir einen etwas tiefer gehenden Aufschluß über den Zusammenhang zwischen Ursach und Wirkung dieser anziehenden Phänomene geben wollten."

„Mit Vergnügen!" rief lächelnd Freund A... „Ich stehe ganz zu Ihren Diensten. Sagen Sie mir nur gleich, worüber Sie zunächst belehrt zu werden wünschen."

„Da Sie so freundlich sind, die Wahl in meine Hand zu legen, so lenke ich die Aufmerksamkeit vor Allem auf den Himmel. Mir ist dabei nicht blos die abgeplattete Gewölbtheit, sondern die ganze Erscheinung der Gestalt und Farbe noch ein Räthsel. Die ganze Welt sagt, die kugelförmige Gestalt des Himmels ist nichts als Augentäuschung; das glaube ich auch, aber ich möchte nun auch gern wissen, wie der Mensch zu dieser Einbildung kommt, und ob man sich davon nicht frei machen kann."

Der Naturforscher schwieg einen Augenblick und nahm dann mit nachdenkender Miene das Wort. „Sie wünschen zu wissen, wie es zugehe,

daß das Auge einen Himmel sieht, obgleich derselbe doch eigentlich nur in unserer Phantasie existirt, und warum wir denselben gerade kugelförmig gewölbt erblicken."

Freund B... nickte sehr beifällig, sagte „Ja" und war in gespannter Erwartung.

„Es ist mir lieb," sagte A..., „daß Sie die Untersuchung gerade von dieser Seite angegriffen wünschen. Man kann so ohne viele Voraussetzung rasch zum Ziele kommen. Erwarten Sie aber ja nicht zu viel. Fast alle Gesichtstäuschungen haben das mit einander gemein, daß sie das Auge auch dann noch trügen, wenn unsere Einsicht in die Wahrheit schon scharf und klar begründet ist. Der Himmel wird daher auch künftig noch eben so wie jetzt vor Ihren Augen stehen. Die Täuschung weicht hier keiner Aufklärung."

„Seien Sie ja außer Sorge," sagte B... „Ich weiß, wie leicht man durch das Sehen irre geführt werden kann, und wie schwer es fällt, sich von einer solchen Täuschung frei zu machen. Wer kann in dem auf der Eisenbahn dahinsausenden Wagen den Blick ins Freie richten und hier den Zustand der Ruhe wahrnehmen, in welchem sich doch Alles befindet? Scheinen nicht die Felder, Bäume, Häuser, an denen der Zug vorüberfliegt, in wilder übereinanderstürzender Bewegung begriffen zu sein? Und wenn man einen geraden Stab schräg in klares Wasser taucht, so kommt es dem Auge vor, als wäre derselbe an der Oberfläche des Wassers eingeknickt. Das Auge sieht dies dennoch, obgleich man weiß, daß es ein täuschendes Werk der Strahlenbrechung ist."

„Die Gesetze des Sehens durch gebrochene Lichtstrahlen sind Ihnen also auch nicht mehr ganz unbekannt. Sie wissen schon, daß das Licht von seiner gradlinigten Bahn abgelenkt wird, so oft dasselbe seinen Weg durch verschiedene dichte, durchsichtige Mittel zu nehmen hat, bis es zum Auge gelangt, und ich füge nur noch die Bemerkung hinzu, daß wir von diesen lichtbrechenden Vorgängen selbst gar nichts empfinden, daß bei jedem Strahl blos die letzte Richtung entscheidend ist für unser Sehen. Durch diese beiden Eigenschaften des Lichtes und des Auges erwachsen unzählig viele Gesichtstäuschungen. Manche davon sind so auffallender Art, daß man sie im gewöhnlichen Leben schon allgemein kennt. Ich erinnere nur an die Luftspiegelung, wodurch in heißen Sommertagen die Felder in scheinbar zitternde Bewegung gerathen, woraus aber auch die Fatamorgana entstehen kann. Die meiste Rücksicht hierauf hat der Astronom zu nehmen, da die atmosphärische Luft in verschiedenen Höhen und unter den beständig wechselnden Einflüssen der Wärme sehr ungleich dicht ist. Sie sehen daher nicht einen einzigen Stern genau in der Richtung, welche derselbe in Wahrheit zu Ihrem Auge hat. Und dies ist um so bedeutender, je tiefer er am Horizont gesehen wird. So bekommen wir z. B. die Sonne bei ihrem Aufgange schon um vier volle Zeitminuten früher zu Gesicht, als dies ohne Strahlenbrechung möglich wäre."

„Halt!“ rief B... „Jetzt will es mir aber scheinen, als legten Sie schon zu viel Gewicht auf meine Aeußerung über die Täuschung durch Strahlenbrechung.“

„Befürchten Sie nichts, mein Freund!“ sagte A... „Ich werde meiner Zusicherung, nicht viel voraussetzen zu wollen, eingedenk bleiben und habe um so mehr Hoffnung zur Erreichung meines Zweckes, als ich im weitern Verfolg der Sache nur wenig Bezug auf diese Art der Augentäuschung zu nehmen haben werde. Das Mitgetheilte sollte Sie nur in Ihrer Ansicht bestärken, daß es schwer sei, die Wahrheit von dem Scheine zu trennen.“

Die beiden Freunde waren während dieser Unterhaltung auf eine kleine Anhöhe gekommen, welche einen freien Blick in die Umgegend gewährte. Nicht weit von ihnen stand eine Windmühle, und zwar so, daß die rasch bewegten Flügel derselben ziemlich genau mit den Beobachtern in gleicher Ebene gelegen waren. Der belehrende Naturforscher brachte seinen Freund noch besser in die Richtung der Flügelfläche und fragte ihn dann, ob er wol entscheiden könnte, nach welcher Seite hin die Umdrehung der Flügel vor sich gehe. Der Befragte stutzte, beobachtete scharf und entschied. Er hatte sich geirrt. Die Bewegung war gerade umgekehrt. Das benutzte nun A... rasch zu seinem Zwecke.

„Wir sind,“ sagte er, „nur ungefähr hundert Fuß von der Mühle entfernt und unser Auge ist schon unsicher in der Entscheidung, ob die jedesmal obere Spitze eines Flügels sich zu uns her oder von uns hinweg in die Tiefe bewegt. Daraus folgt also, wie wenig wir uns auf unser Augenmaß verlassen können, daß wir in dieser kleinen Entfernung schon einen Fehler von mehr als dreißig Fuß, welches ungefähr die Länge eines Doppelflügels sein mag, begehen können.“

Man kann sich leicht denken, daß dieser Gegenstand nicht ohne weitere Versuche und Durchforschung verlassen wurde, indeß stand das Resultat fest, daß das Auge in der Beurtheilung der Windmühlendrehung sich sehr leicht täuschen könne. Der Physiker lenkte jetzt die Aufmerksamkeit seines Freundes auf einen Landmann im Felde, der eben damit beschäftigt war, den gepflügten Acker zu besäen. Sie befanden sich genau in der Richtung der Schrittbewegung des Mannes, waren aber einen Augenblick darüber in Zweifel, ob derselbe sich ihnen nähere oder von ihnen entferne.

„Ich hab's!“ rief rasch Freund B... „Der Bauer kommt zu uns her.“

„Woran erkennen Sie das?“ fragte sein Begleiter.

„An der Handbewegung des Mannes,“ war die Antwort. „Derselbe wird doch wol rechts sein, und da er seine säende Armbewegung auf unserer linken Seite macht, so muß er uns zugekehrt sein.“

„Sehr richtig!“ sagte A... „Aber Sie geben durch diese Art der Entscheidung doch zu verstehen, daß Sie in der Hauptsache ungewiß gewesen sind. Wenn der Mann blos eine Schrittbewegung gemacht hätte, so würde Ihr Augenmaß nicht darüber haben entscheiden können, ob derselbe zu uns herkomme, oder sich von uns entferne.“

„Das will ich nicht in Abrede stellen," sagte B... „Bei dieser Gelegenheit erinnere ich mich aber an eine ähnliche noch überraschendere Wahrnehmung auf der Eisenbahn, wobei man über den längs der Bahn gesehenen Zug im Zweifel ist, ob er stille steht, oder sich vor oder zurück bewegt. Und diese Ungewißheit stellt sich auch schon bei einer Entfernung von etwa hundert Fuß ein, man muß den Zug nur gerade vor sich haben."

War hierdurch nun schon klar, daß das Auge in der Schätzung der in seine Axe hineinfallenden Entfernung sich leicht irren könne, so wurde die Sache noch schlagender entschieden, als die beiden Wanderer den Blick zurück auf ihren Wohnort richteten. Dies war ein norddeutsches Städtchen von etwa sechstausend Einwohnern, das ungefähr eine halbe Stunde von ihnen entfernt, von Feldern, Wiesen und Gärten umgeben, in der Ebene unter dem Windmühlenberge lag, auf dem sie sich gerade befanden. „Sieht es nicht ganz so aus," nahm A... das Wort, „als wenn die Stadt in der von hier gesehenen Richtung eine sehr kleine Ausdehnung besäße? Die Häuser stehen so gedrängt dicht hinter einander, als wenn gar keine Straßen, kein Marktplatz, keine Gärten dazwischen lägen. Alles scheint nur quer durch unsere Augenaxe Ausdehnung und Länge zu besitzen. Diese merkwürdige Wahrnehmung läßt sich auch bei größeren Städten, bei entfernten Wäldern und Gebirgen in ganz gleicher Weise machen, und man gewinnt dabei die Ueberzeugung, daß das Auge nicht blos unsicher ist in der Beurtheilung horizontaler Entfernungen, sondern, daß dasselbe auch sehr große Neigung zeigt, die Abstände von ihm alle für gleich groß zu halten."

„Den letzten Punkt muß ich etwas in Zweifel ziehen," unterbrach B... „Das gerade vor uns liegende Einnehmerhaus ist doch offenbar viel näher, als das seitwärts auf der entgegengesetzten Seite der Stadt gelegene Schützenhaus."

„Allerdings!" rief A... „Das widerstreitet aber meiner Behauptung keineswegs. Denn von uns zum Einnehmerhause ist zuverlässig keine größere Entfernung, als von diesem bis zum Schützenhause, und nun sehen Sie nur, wie verschwindend klein dieser Abstand ist im Vergleich zu dem uns näher gelegenen. Spricht das nicht schon für meine Behauptung, daß das Auge Neigung zeigt, die Abstände von ihm für viel weniger verschieden zu halten, als sie es in der That sind?"

„Ja, lieber Freund, das bezweifle ich nicht," sagte B... „Sie behaupteten aber, daß das Auge Neigung habe, alle größeren Abstände von ihm für gleich groß zu halten."

„Das kann ich auch nicht wieder zurücknehmen," antwortete A..., „und ich hoffe Sie davon zu überzeugen." Er lenkte den Blick seines Freundes auf die ferne Begrenzung des vor ihnen liegenden offenen Horizontes. Alles schien hier ganz genau sich in der Peripherie eines Kreises zu befinden, wozu das Auge den Mittelpunkt bildete. „Da haben wir den Beweis für meinen Satz. Dieser Kreis ist nichts als Augentäuschung im Sinne meiner Behauptung."

Freund B... war noch ungläubiger als zuvor. „Dies kreisförmige Begrenztsein ist ja ganz einfach ein Beweis für die Kugelgestalt der Erde. Das nehme ich für keine Augentäuschung.“

Der Andere gab gern zu, daß an der Form dieser kreisrunden Grenze des Horizontes die Kugelgestalt der Erde wol etwas Antheil haben könne, daß dies aber vielmehr in unseren Gedanken als in der Wirklichkeit auf Wahrheit beruhe. Er suchte dann an dem vor Augen liegenden Beispiel die Richtigkeit seiner Ansicht nachzuweisen. An der einen Stelle fiel die Thurmspitze eines bekannten Dorfes in die Grenzlinie des Horizontes, welches nur etwa eine Meile von ihnen entfernt war; nicht weit davon sah man die blassen blauen Spitzen des Harzgebirges in die Kreisperipherie fallen, und der Harz war an zehn Meilen von ihnen entfernt; und noch an einer andern Stelle fiel der Saum eines Waldes in dieselbe Grenzlinie, der etwa nur fünf Meilen von ihnen entfernt war. Durch diese und noch einige andere Fingerzeige blieb der Sieg nicht lange ungewiß. Man einigte in dem Grundsatze, daß das Auge unwillkürlich geneigt sei, in horizontaler Richtung alle von ihm ausgehenden größeren Entfernungen für gleich groß zu halten.

Hiermit brachte A... noch die von Bergreisenden und Luftschiffern ganz allgemein gemachte Erfahrung in Verbindung, daß ihnen nämlich schon bei einer Höhe von zwei- bis dreitausend Fuß die in der Tiefe gelegene Ebene an ihrem horizontalen Saume stark gehoben erscheine, und bei dem Höhersteigen sich mehr und mehr hebe, bis dieselbe sich zuletzt zu einer hohlen Halbkugel zu krümmen anfange, und daß ihnen bei einer Höhe, welche 12,000 Fuß übersteigt, der ganze untere Horizont in undurchdringlichen Nebel gehüllt erscheine, wovon die Grenze der Durchsichtigkeit sich hier ebenso zu einem Gewölbe forme, wie über ihnen der Himmel.

„Dies vorausgesetzt,“ sagte er dann, „dürfen wir also nicht mehr daran zweifeln, daß es überhaupt jedem Auge eigenthümlich ist, alle größeren Entfernungen von ihm für gleich groß zu nehmen, mögen nun diese Entfernungen im Horizonte oder darunter oder darüber sein. Hiernach halten wir den Mond für nicht entfernter von unserm Auge als die Sonne, ungeachtet wir durch astronomische Berechnung wissen, daß die letztere mehr als vierhundertmal weiter von uns absteht als jener. Ja, wir können uns sogar nicht davon frei machen, die Fixsterne am Abendhimmel für nicht weiter von uns entfernt zu halten, als den Mond, obgleich die neusten Forschungen von Bessel, Maclear und Henderson festgestellt haben, daß die allernächsten Fixsterne schon über hundert Millionen Mondsentfernungen von uns abstehen. Denken wir uns jetzt nur noch hinzu, daß unsere atmosphärische Luft selbst bei dem reinsten, wolkenlosesten Zustande nie vollkommen durchsichtig ist, daß sie hierdurch für unser Auge immer eine gewisse Grenze der Durchsichtigkeit besitzt, über welche hinaus alle irdischen Gegenstände in Nebel gehüllt zu verschwinden anfangen, so kennen wir die Gründe, wonach jeder Mensch einen kugelförmig gewölbten Himmel sehen muß, wenn er überhaupt nur sehen kann.“

„Sie sind sehr rasch zum Schluß gekommen," sagte B... etwas verwundert. „Die Art Ihrer Beweisführung hat eine solche plötzliche Zusammenziehung der Gründe gar nicht ahnen lassen. Ich bin allerdings jetzt überzeugt, warum der Mensch ein Himmelsgewölbe sieht, und doch will es mir scheinen, als wären Sie noch nicht ganz zu Ende."

„Ich kann Ihnen noch etwas zu Hülfe kommen," nahm der Physiker lächelnd wieder das Wort. „Fassen wir die Hauptmomente unserer Betrachtung noch einmal kurz zusammen. Unser Auge ist oft und leicht der Täuschung unterworfen, von der es sich nie frei machen kann, wie genau wir auch die Vernunftgründe für eine ganz andere Wirklichkeit begreifen mögen. Dasselbe täuscht sich hauptsächlich in der Schätzung derjenigen Entfernungen, welche in die von ihm ausgehenden Richtungen fallen. Uebersteigen diese Entfernungen aber den nächsten Beobachtungskreis, so liegt es in der Natur des Auges, alle von ihm ausgehenden Entfernungen für gleich groß zu halten. Daher erklärt es sich, daß alle Grenzpunkte des Horizontes in einem Kreise, alle Grenzpunkte der Durchsichtigkeit der Luft in einer Kugeloberfläche zu liegen scheinen, wozu unser Auge den Mittelpunkt ausmacht, daß alle von der Atmosphäre getragenen Dünste und Wolken sich so zu unserm Auge zu gruppiren scheinen, als wenn sie überall gleichweit von ihm entfernt wären."

Damit war nun Freund B... vollkommen zufrieden gestellt. Als er aber noch einige Augenblicke über den Gegenstand nachgedacht und zugleich mit prüfendem Blick die Gestalt des Himmels beobachtet hatte, so kam ihm auf's Neue eine Bedenklichkeit. Das Himmelsgewölbe bildete gar keine genaue Halbkugel, sondern war sehr flach gekrümmt, so daß die unmittelbar über dem Kopfe gelegenen Punkte dem Auge viel näher zu liegen schienen, als die unten am Horizonte. Er sprach darüber mit dem Freunde. Dieser war aber noch nicht geneigt, die Sache sogleich weiter zu verfolgen, da bald eine günstigere Gelegenheit dazu kommen würde. Seine Aufmerksamkeit war auf etwas Anderes gerichtet, das besser dazu geeignet war, den Faden der Unterhaltung weiter zu spinnen.

Der sonnige Herbsttag näherte sich seinem Ende. Rund um den Himmel lag am untern Rande ein röthlicher Dunstring, von welchem der Physiker bemerkte, daß derselbe fast immer am Schlusse heiterer Tage, denen klare, kühle Nächte folgten, zum Vorschein komme. „Dieser Nebelsaum," sagte er, „ist die erste Wirkung der Abendkühle. Er löst sich allmählich in Nachtthau auf. Seine Höhe beträgt bei uns ungefähr 3000 Fuß, nach dem Aequator zu reicht er höher und höher hinauf, nach den Polen hin senkt er sich mehr. An heißen Sommertagen, denen keine kalten, sondern ebenfalls heiße Nächte folgen, sieht man diesen Dunstring wenig, weil er dann wie an dem Aequator sehr hoch hinaufragt und außerordentlich fein und durchsichtig auftritt."

Die Sonne hatte sich schon tief in diesen Nachtnebel hineinversenkt und stand in dunkler, feuriger Glut vor dem offenen Blicke der Freunde. Alles deutete auf einen herrlichen Sonnenuntergang. Hoch oben war der Himmel blau, rund um den Horizont herum zeigte sich ein leichter Anflug der beginnenden

Abendröthe und in der nächsten Nähe der Sonne lag die Bläue des Himmels mit der Feuerglut des Tagesgestirns im Kampfe und man sah dadurch den ganzen Cyklus der Regenbogenfarben zum Vorschein kommen.

„Die atmosphärische Luft," sagte der Naturforscher, „ist nicht vollkommen durchsichtig. Ich habe schon vorhin darauf aufmerksam gemacht. Hier ist neue Gelegenheit zu dieser Bemerkung. Denn dieselbe Sonne, welche wir jetzt mit so innigem Wohlgefallen anschauen können, würde unsere Augen blenden, sobald sie nur einige Grade höher stände. Die unten an der Oberfläche der Erde gelegene Luft ist dichter und mehr mit ausgeschiedenem Wasserdampf vermischt als die obere, daher hier unten die rasche Abnahme der Durchsichtigkeit. Wenn das Auge auf einem ebenen Boden über die Oberfläche der Erde hinweg nach dem untern Himmel blickt, so erhebt sich diese Richtung in ihrem horizontalen Verlaufe so wenig von der kugelförmig gewölbten Erdoberfläche, daß sie in einer Weglänge von drittehalb Stunden sich nicht mehr als höchstens fünf Fuß davon entfernt hat. Daraus folgt nun offenbar, daß das Sonnenlicht auf seinem untern Horizontalwege viel tausend mal länger in dichteren und dunstigeren Luftschichten zu verweilen hat, als wenn dasselbe vom hohen Mittag herab zur Erde gelangt."

„Ach so!" rief B... „Jetzt kommt die günstigere Gelegenheit zum Erklären der abgeplatteten Kugelgestalt des Himmels."

„Es ist eine allgemeine Erfahrung," fuhr der Andere ruhig fort, ohne die Unterbrechung weiter als mit einer beifälligen Kopfbewegung zu beachten, „daß die vor Augen liegenden Gegenstände uns jedesmal näher gerückt und kleiner erscheinen, sobald sie besser erleuchtet werden, wie unverändert fest sie auch in ihrer Entfernung verharren mögen. In dieser Beziehung erinnere ich nur einmal daran, daß beim Beginn des Winters, wo wir die vorher dunkle Landschaft plötzlich mit blendend weißem Schnee überzogen sehen, uns die Entfernung der bekannten Dörfer, Berge, Wälder viel kleiner geworden vorkommt. Die weiße Schneedecke bringt näher und verkleinert. Zuweilen ereignet es sich mitten im Sommer, daß bei übrigens bedecktem Himmel ein entferntes Stück Landschaft von offenen Sonnenstrahlen beschienen wird, dann kommt uns dasselbe aber auch jedesmal näher gerückt und verkleinert vor. Und wenn in finsterer Nacht eine Feuersbrunst sichtbar wird, so hält das Auge den Ort des Feuers fast immer viel weniger entfernt als er wirklich ist. Machen wir nun hiervon Anwendung auf unsern Himmel, so muß das unmittelbar über uns gesehene Gewölbe in eben dem Maße uns näher zu liegen scheinen, als sein Licht weniger geschwächt zu unserm Auge gelangen kann. Zugleich folgt aber auch daraus, daß der obere Himmel sich um so mehr erheben muß, je mehr die ganze Luft überall eine recht klare und gleichmäßige Durchsichtigkeit besitzt, und daß derselbe um so gedrückter erscheinen muß, je stärker der Unterschied zwischen der horizontalen und vertikalen Durchsichtigkeit ist. Dieser Unterschied wird aber um so bedeutender werden, je reichlicher die Luft mit verdichtetem Wasserdunst erfüllt, je näher also die Wahrscheinlichkeit zum Regnen vorkommt. So erklärt

es sich denn auch, wie Landleute, Hirten, Schiffer, Windmüller und andere Leute, die viel im Freien leben, aus der Höhe und Tiefe des Himmelsgewölbes den Zustand und Gang des Wetters prophezeihen können."

Die Abendröthe hatte mittlerweile den ganzen westlichen Himmel überzogen und entfaltete einen bezaubernden Feuerglanz am Himmel und auf Erden. Es war natürlich, daß die Aufmerksamkeit der beiden Freunde durch ein so anziehendes imponirendes Schauspiel gefesselt wurde.

„Man war früher der Meinung," hob der Naturforscher seine Belehrung wieder an, „daß die Abend- und Morgenröthe einfach eine Wirkung der Verdunkelung des Sonnenlichtes sei, sobald dasselbe durch die verdichtete untere Atmosphäre längs des Horizontes gehe. Hiermit ließ sich aber nicht ganz gut in Einklang bringen, warum dies Himmelsroth nicht jedesmal zum Vorschein komme, wenn die Sonne bei unverhülltem Himmel untergehe, und daß dasselbe gerade da am schönsten ausfalle, wo die Strahlen der Abendsonne durch zerstreut umherliegende, lockere Haufenwolken und Schäfchen hindurch zu dringen habe. Auch war es schwer mit dieser Erklärungsweise den durch langjährige Erfahrung gewonnenen Volksglauben, daß Abendroth und Morgengrau auf einen heitern Tag, dagegen Abendgrau und Morgenroth auf baldigen Regen deute, in einen befriedigenden, vernünftigen Zusammenhang zu bringen. In neuester Zeit sind wir nun gründlicher darüber belehrt, der berühmte englische Naturforscher Forbes stand eines Tages neben einer zur Abfahrt vorbereiteten Lokomotive. Aus dem geöffneten Sicherheitsventile stieg Dampf empor, durch welchen Forbes die gerade gegenüber am Morgenhimmel stehende Sonne hindurchstrahlen sah. Unmittelbar über dem Ventile war der Dampf durchsichtig wie Luft und er ließ die Sonnenstrahlen ungeschwächt und unverändert auf eine nahe weiße Wand fallen. Etwas höher über dem Ventile wurde das Sonnenlicht bei seinem Durchgange durch den Dampf schon merklich geschwächt, aber auch orangefarben gefärbt; der hiervon herrührende Halbschatten auf der weißen Wand erinnerte lebhaft an den Beginn der Abendröthe, und sah Forbes durch diesen Theil des aufsteigenden Dampfes zur Sonne, so war sie dunkelroth feurig, wie wir sie vorhin sahen, als sie sich eingesenkt hatte in die untere Schicht des Nachtnebels. Und noch etwas höher über dem Ventil zeigte sich der aufsteigende Dampf ziemlich undurchsichtig; er warf einen grauen dunklen Schatten auf die weiße Wand, wie jeder andere undurchsichtige Gegenstand, und versuchte Forbes hier hindurch zu sehen nach der Sonne, so hatte die ganze Dampfmasse einen milchweißen Schein, die Sonne selbst konnte er aber nicht sehen. Wir wissen nun, daß unsere Atmosphäre die Eigenschaft besitzt, Wasserdampf zu tragen und zwar um so mehr, je höher sie erwärmt ist. So lange dieselbe bei irgend einem Temperaturzustande nicht übersättigt ist mit Wasserdampf, trägt sie denselben ganz durchsichtig klar, als wäre er selbst Luft; sobald sie aber mehr davon in sich schließt, als sie möglicherweise tragen kann, so verdichtet er sich zu sichtbarem Nebel, zu Wolken und zuletzt zu Regen. Des Abends bei heiterm Himmel kühlt sich bekanntlich die Atmosphäre dicht über der Erdoberfläche am ersten ab, weil

der Erdboden dann rasch die ihm von der Tagessonne zugeführte Wärme nach dem offenen Weltenraume ausstrahlt, ohne dafür Ersatz zurück zu bekommen, und in demselben Maße muß der hier von der Luft getragene Wasserdampf durch Abkühlung verdichtet und als Nebel ausgeschieden werden, welcher das Sonnenlicht röthet. So entsteht Abendroth im Nebel des Nachtthaues. Ist dagegen der Himmel nicht frei von Wolken, besonders nicht im Westen, bei westlichem Winde, so erscheint kein Abendroth, sondern ein Abendgrau, weil die Sonnenstrahlen nur durch undurchsichtigen Wasserdunst der Forbes'schen dritten Stufe hindurchzugehen haben, welcher dem Regen nahe ist. Die Aussicht auf einen regenlosen folgenden Tag kann dann sehr in Zweifel gezogen werden. Die Morgenröthe entsteht auf ähnliche Weise wie die Abendröthe."

„So!" rief sehr überrascht B... „Sie soll doch gerade umgekehrt auf Regen deuten."

„Gerade aus diesem Grunde ist noch Etwas hinzuzufügen nöthig," sagte A... „Zeigt die aufgehende Morgensonne bei flachem Himmel ein dunkles Roth unter westlichem Winde und fehlt es besonders auf der Abendseite nicht an den graublauen Wolken, welche Regen verkünden, so ist wenig Hoffnung da zu einem heitern Tage. Die Verdichtung des atmosphärischen Wasserdampfes ist dann östlich noch im Uebergange von dem zweiten in den dritten Zustand, während sie auf der Wetterseite schon dicht vor dem Regen ist. Hier haben wir dann den Zustand, wo Morgenroth den direkten Gegensatz zu Abendroth bildet. Das ist aber nicht jedesmal der Fall. Denn manchmal zeigt auch der wolkenlose hohe Morgenhimmel auf der kühlen Oberfläche der Erde dieselbe thaubildende Nebelschicht der Forbes'schen zweiten Verdichtungsstufe, durch welche die Sonnenstrahlen geröthet werden, sinkt dann der Nebel, oder, was dasselbe sagen will, schlägt er sich wirklich zu Thau nieder, so fehlt alle Wahrscheinlichkeit zu Regen. Oft ist die nächtliche Kühle so wirksam auf die Verdichtung des Wasserdunstes der Luft gewesen, daß vor der aufgehenden Sonne noch Nebel und Wolken der dritten Stufe über dem Horizonte stehen; ist dann nur der übrige Himmel recht hoch, so läßt sich auch unter Morgengrau und überhaupt unter trübem Anfange des Tages dennoch auf heiteres Wetter rechnen."

„Man lernt hieraus," bemerkte B..., „daß die alte Wetterregel nicht ohne Rücksicht auf mancherlei andere Verhältnisse ihre Geltung findet. Uebrigens freue ich mich jedesmal, so oft eine durch Jahrhunderte hindurch ehrwürdig gewordene Volksregel auf dem Wege wissenschaftlicher Untersuchung ihre Bewahrheitung erhält."

„Da stimme ich Ihnen ganz bei," sagte A... „Und gerade was die Beurtheilung des Wetters nach unmittelbar vorhergehenden Wetterzeichen betrifft, so können wir noch viel mehr von den Volksregeln lernen, als erklären. Die Jäger, Hirten, Schiffer, Windmüller und alle anderen Landbewohner, welche durch ihr Geschäft auf eine fleißige Beobachtung und Beurtheilung des Wetters hingewiesen sind, haben dem Gange der Natur manche goldene Regel abgelernt, wovon sich der Stubengelehrte noch gar nichts träumen läßt."

Die Sonne war jetzt schon über die Hälfte unter dem Horizonte. Das noch sichtbare Stück glänzte in dunkler Glut wunderschön durch die feierliche Stille der Abendlandschaft. Die gerade unter diesem Lichtfleck liegende Waldstrecke zeigte einen tiefen Einschnitt, als wenn sie voll Ehrfurcht zurückträte aus der majestätischen Nähe dieser mächtigen Himmelskönigin. Die beiden Freunde waren ganz Auge, ganz voll tiefer Empfindung.

Der Einschnitt, den das Sonnenlicht bei dem Untersinken im dunklen Horizont zu machen schien, war dann zunächst der Gegenstand der Unterhaltung. Nach der Ansicht des Naturforschers liegt die Ursache dieses interessanten Phänomens hauptsächlich in der Eigenschaft des Auges, die Sonnenstrahlen auf den dunklen Hintergrund zurückzuschieben, wodurch die eigentlich parallel laufenden Strahlen überall eine Lage annehmen, als kämen sie aus dem Mittelpunkt der Sonne. Unten vertritt der Horizont den Himmel als Hintergrund, wodurch dann der feurige Einschnitt entsteht. Zugleich ward hierbei auch noch erwähnt, daß das sogenannte Wasserziehen der Sonne, wobei dieselbe, von einigen Haufen- und Strichwolken verhüllt, einzelne Strahlen durch Lücken hindurchsendet, welche sich in stark divergirenden Wegen über den Himmel ziehen, ebenfalls hierdurch seine Erklärung finde.

Zufällig zog jetzt der Naturforscher ein weißes Taschentuch heraus, welches bei seiner Entfaltung im feurigsten Roth der Abendsonne glänzte, aber auch zugleich die schönste Himmelsbläue zeigte, wo dasselbe Schattenfalten warf. Dem wißbegierigen Freund B... fiel besonders der letzte Punkt auf. Er äußerte darüber sogleich seine Verwunderung. Dem Physiker war dies sehr willkommen. Er ließ das Tuch der Sonne gegenüber auseinandergebreitet halten, so daß dasselbe ganz erleuchtet war, und hielt dann einige Fuß davon entfernt die ausgespreizte Hand davor; da zeigte sich das Schattenbild der Hand so recht klar und wahrnehmbar mit der schönsten Azurbläue des Himmels.

„Der Schatten," sagte der Physiker, „ist eine durch undurchsichtige Gegenstände veranlaßte Behinderung des Fortgangs der Lichtstrahlen. Hier fängt meine Hand das Licht der Abendsonne auf und behindert dasselbe nach dem Tuche zu kommen. Der Schatten müßte schwarz sein wie Finsterniß, wenn er ganz ohne Erleuchtung wäre; da er aber von der übrigen in der Luft verbreiteten Dämmerhelle des scheidenden Tages erleuchtet ist, so kann er nicht ganz lichtlos dunkel erscheinen."

„Aber darin liegt doch noch kein Grund, daß er blau erscheint," unterbrach der Andere.

„Nur Geduld," rief A..., „das kommt noch. Der Schatten sieht schön blau aus wie der Himmel am heitern Tage, also folgt daraus, daß das überall von der Luft zurückgeworfene Sonnenlicht, wodurch die allgemein verbreitete Tageshelle bewirkt wird, eine blaue Farbe besitzen muß. Die klare Himmelsbläue ist daher nichts Anderes, als das aus weiter Ferne zu unserm Auge gelangte reflektirte Sonnenlicht. Aus diesem Grunde zeigen sich die weit von uns entfernten Berge und Wälder immer in der blauen Färbung des Himmels.

Das Blau des Himmels ist um so reiner und tiefer, je höher und wolkenfreier das Firmament vor unseren Augen liegt, oder, was ziemlich dasselbe sagen will, je durchsichtiger die Luft und je weniger dieselbe mit verdichtetem Wasserdampf erfüllt ist. Wir haben dies oft bei sehr klaren kalten Wintertagen, aber auch im Sommer an den heißesten Tagen, wo die Luft recht rein und gleichmäßig dicht ist. Der Himmel sieht dann unmittelbar über uns oft schwarzblau aus und scheint eine unendliche Höhe zu besitzen. Diese Beobachtung machen auch die Bergreisenden. Auf den bedeutenden Höhen, zu denen sie sich emporgewagt haben, erhebt sich das Himmelsgewölbe in wolkenloser Reinheit zu einer wirklichen Halbkugel, der jede Abplattung fehlt, und die überall mit dem reinsten dunklen Himmelsblau gefärbt ist. Einige wollten dort oben auch wahrgenommen haben, daß der Uebergang von Tag zu Nacht viel schneller vor sich gehe, daß hier weder Dämmerung, noch Abend- oder Morgenröthe vorkomme. Andere stellen dies in Abrede. Zuweilen färbt sich der Himmel nach einem rasch vorübergehenden Sommerregen sehr schön blau, welches dann wol weniger der plötzlichen Entfernung des verdichteten sichtbaren Wasserdunstes aus der Atmosphäre zuzuschreiben ist, als der, einem solchen Regen jedesmal nachfolgenden, gleichmäßigen Abkühlung und der damit immer verbundenen gleichmäßigen Durchsichtigkeit der Luft; denn die entfernten Berge und andere über den Horizont hervorragenden Gegenstände treten gerade dann ungewöhnlich klar vor unser Auge."

„Das ist Alles recht schön und belehrend," unterbrach Freund B..., „aber es erklärt diesen blauen Schatten noch nicht... Doch still! Jetzt begreife ich die Sache schon. Der Schatten der Hand hier auf dem Tuche ist ja das Licht der Luft, wo das der Abendröthe nicht hinkommen kann. Ja, ja. Nun, lassen Sie sich nicht weiter stören."

„Ist die Luft stark mit verdichtetem Wasserdampf gesättigt," fuhr A... fort, „so erscheint sie dem Auge in weißlich trübem Blau oder auch in einem Blaugrau wie die Regenwolke. Verliert die Luft durch ungleichmäßige Erwärmung an Durchsichtigkeit, so scheint der Himmel mit einem Dunstflor überzogen zu sein, der ebenfalls die Bläue bleicht, wodurch die Sonne auch selbst am hellen Tage in einen trüben röthlichen Schein gehüllt auftritt. Die Reisenden der Wüste Arabiens und Afrika's erzählen uns viel davon."

Jetzt sank auch die letzte Spur der Sonnenscheibe unter den dunklen Horizont. Der ganze Abendhimmel glänzte in einem purpurrothen Feuer, das etwas höher hinauf eine grünliche Farbe annahm. Diese und die übrigen Farbennüancen wurden von A... als ein Gemisch der Himmelsbläue und der rothen, orangefarbenen und gelben Färbung der durch die Nebelschicht hindurchgehenden Lichtstrahlen erklärt. Der Sonne gegenüber lag der östliche Himmel ganz unten am Horizont schon in Nacht gehüllt, während etwas höher darüber der Himmel von dem Widerschein der Abendröthe gefärbt war. Das untere Nachtsegment bezeichnete der Naturforscher als den Schatten der Erde, den dieselbe der Sonne gegenüber auf den Himmel werfe. Von der Richtigkeit dieser Er-

klärung überzeugte man sich bald, sowol dadurch, daß die finstere, blaue, himmlische Silhouette der Erdkugel in eben dem Maße sich hob, wie die Sonne tiefer unter den Horizont hinabsank, als auch dadurch, daß wirklich ein Abdruck der Kugelgestalt der Erde darin vor Augen lag. Dieser Nachtschatten stieg höher und höher und löschte allmählich allen Tagesglanz der Sonne aus, damit auch die Sterne ihr schwächeres Nachtlicht leuchten lassen konnten.

Die beiden Freunde kehrten nun nach Hause zurück. Sie gingen einen Augenblick schweigend neben einander. Es war, als wenn die feierliche Stille des Abends sich tief und ernst in ihr Gemüth versenkt hätte. Jeder blieb mit seinen eigenen Gedanken beschäftigt.

„Das war ein recht genußreicher, belehrender Abend für mich," nahm B... zuerst wieder das Wort. „Ich sage Ihnen meinen besten Dank dafür!"

„Warten Sie doch ja erst den Ausgang ab, lieber Freund," fiel ihm sein Begleiter in's Wort. „Sie scheinen ganz vergessen zu haben, was ich Ihnen gleich zu Anfang unserer Promenade versprach."

„Nun," entgegnete der Andere nachsinnend, „das, was ich wünschte, haben Sie mir gegeben und nebenbei noch sehr viel mehr. Ich bin vollkommen befriedigt."

„Aber dennoch fehlt eine Hauptsache," bemerkte lächelnd Freund A... „Wie leicht doch die Menschen auf andere Gedanken zu bringen sind!" — —

„Hauptsache — — — andere Gedanken — — —" wiederholte nachdenkend B...

„Ja — Hauptsache — andere Gedanken —," sagte A...

„Ach, Sie meinen gewiß die Verwunderung über die Thurmknopfsgröße."

„Beinahe haben Sie es getroffen," sagte scherzend der Naturforscher, „aber noch nicht ganz. Indeß seien Sie außer Sorgen, der Himmel bereitet sich schon vor, dem Gedächtniß zu Hülfe zu kommen."

Es wurde hell im Osten. Das kalte Schattenblau der Luft nahm unten am Horizonte wieder eine grünliche und röthliche Lichtfärbung an. Einige Augenblicke später und es zeigte sich die aufgehende Vollmondsscheibe mit mild geröthetem Lichte. Bald stand der Mond in seiner ganzen majestätischen Pracht über dem Horizonte.

„Jetzt weiß ich's," rief plötzlich B... „Sehen Sie nur die gewaltige Größe der Mondscheibe. Ja, Ja, Sie wollten mir noch erklären, warum Mond und Sonne uns bei ihrem Auf- und Untergange so überraschend groß erscheinen."

„Sie haben Recht," sagte mit innerlicher Freude Freund A... „Eigentlich faßt' ich aber die Sache noch allgemeiner; ich wies darauf hin, daß uns überhaupt die Ursache bekannt sei, warum die längs des Horizontes gesehenen Gegenstände uns immer größer erscheinen müssen, als die hoch darüber gelegenen, auch selbst wenn die Entfernung vom Auge genau dieselbe bliebe. Lassen Sie uns indeß bei dem vor uns stehenden Monde bleiben. Ich könnte nun rasch mit einer Erklärung der Erscheinung fertig werden, sobald ich nur sagte, daß

derselbe Grund, welcher den Himmel über uns abgeplattet, auch den Mond dort unten so auffallend groß erscheinen läßt; aber Sie wären gewiß damit nicht zufrieden."

„Ach, nein," unterbrach der Andere rasch. „Ein solches Zurückführen auf schon bekannte Ursachen befriedigt selten, und bei dem vorliegenden Falle wäre er für mich geradezu ein Umgehen der Erklärung der Erscheinung selbst."

„Nun gut," sagte der Naturforscher. „Wer den Mond so ungewöhnlich groß aufgehen sieht und damit die eben so überraschende Verkleinerung in Vergleich bringt, welche derselbe fünf bis sechs Stunden später in den höchsten Punkten seiner Bahn einzunehmen scheint, der kann sich sehr schwer von der Meinung frei machen, daß dieser Himmelskörper uns in seiner ersten Lage näher sei als in seiner zweiten — — —. Nun weiß man aber astronomisch genau, daß der Mond während einer Umdrehung der Erde um ihre Axe sich wenig oder gar nicht von ihrem Mittelpunkte entfernen kann. Allerdings ist nun aber wahr, daß für den Beobachter auf der Oberfläche der Erde die Entfernung des Mondes sich ändern muß; indeß würde hierdurch gerade das Entgegengesetzte der Größenerscheinung folgen müssen. Denn wenn wir jetzt den Mond unten am Horizonte sehen, so ist er beinahe eben so weit von uns entfernt, als wenn wir ihn aus dem Mittelpunkte der Erde sähen; hat er dagegen seinen Culminationspunkt erreicht, so sind wir ihm fast um den Erdhalbmesser näher gerückt. Hiernach müßten wir ihn dort unten sogar kleiner sehen. Das Phänomen beruht also wieder auf Augentäuschung, und es entsteht nun die Frage nach der Ursach derselben. Früher glaubte man, dieser Gesichtsbetrug komme hauptsächlich daher, daß das Auge in horizontaler Richtung viele irdische Gegenstände sehe, deren wirkliche Größe ihm bekannt sei, und daß aus dem Vergleich mit diesem der Mond so überraschend groß erscheinen müsse. Nun weiß man aber, daß der Mond aus der Tiefe enger Thäler, oben über dem Rande schroffer Felswände gesehen, nicht groß, sondern klein erscheint, obgleich er auch hier neben allerlei irdischen Gegenständen steht, deren wirkliche Größe bekannt ist; auch weiß man, daß dem Seefahrer, der nichts als Himmel und Wasser vor Augen hat, der Mond eben so ungewöhnlich groß auf- und untergeht, als uns. Und wenn man diesen Himmelskörper durch eine Röhre sieht, wodurch die Möglichkeit des Vergleichens mit bekannten irdischen Gegenständen wegfällt, so fehlt auch hier die Täuschung nicht."

„Das ist wunderbar!" rief B... „Was für ein Resultat geben denn aber astronomische Beobachtungen?"

„Der Astronom sieht das Phänomen gerade so wie jeder Andere," war die Antwort. „Sobald er aber seinen Meßapparat zu Hülfe nimmt, so findet er den Durchmesser des Mondes unten am Horizont nicht größer, sondern sogar immer noch etwas kleiner als oben am Himmel."

„Meine Verwunderung hat den höchsten Grad erreicht!" — rief B... „Der Astronom mißt wirklich den Mondsdurchmesser unten kleiner! — —"

„In der That, ja," betheuerte der Mann von Fach. „Aber wundern Sie

sich doch darüber nicht so sehr. Er mißt und findet die Sache, wie sie wirklich ist, und nicht wie sie uns scheint. Sie erinnern sich, daß ich schon vorhin bemerkte, der Mond sei unten am Horizont beinahe um einen ganzen Erdhalbmesser entfernter von uns, als oben am Himmel."

„Allerdings, das haben Sie," antwortete B . . ., „aber dennoch bleibt es mir unbegreiflich, wie man mit Hülfe der Meßwerkzeuge etwas kleiner finden kann, das so offenbar viel größer vor unserm klaren Auge liegt. Doch nun will ich nicht länger unterbrechen. Ich bin jetzt noch viel mehr auf die Erklärung des Phänomens gespannt."

„Also weiter," sagte A . . . und suchte den Faden seiner Belehrung rasch wieder anzuknüpfen. „Steht in einiger Entfernung ein Mensch vor uns, und wir denken von dem Scheitel und dem Fuße desselben zu unserm Auge gerade Linien gezogen, so heißt der durch diese beiden Verbindungslinien gebildete Winkel der Sehewinkel oder die scheinbare Größe jenes Menschen. Scheinbar nennen wir dieselbe, weil sie die wirkliche noch nicht selbst ist, sondern nur dazu beitragen kann, diese zu finden, sobald man auch die Entfernung kennt. Sie ist eines der Hülfsmittel unserer Vernunft, wodurch dieselbe die Gegenstände, welche wir sehen, begreift. Dieser Sehewinkel wird größer, sobald der betreffende Gegenstand unter übrigens gleichen Umständen sich uns nähert; er wird kleiner in größerer Entfernung. Unsere Beurtheilung der wirklichen Größe hängt dann aber auch noch von dem Grade der Beleuchtung ab, unter welchem wir das Objekt zu Gesicht bekommen. Durch die Lichtstärke wird in uns die Vorstellung von Nähe und Ferne gebildet. Denn so wie ein Gegenstand sich unserm Auge nähert, so wächst nicht blos seine scheinbare Größe, sondern wir sehen ihn auch deutlicher, mit kräftigerm Lichte, weil die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen dann keinen so langen Weg durch die immer etwas lichtschwächende Atmosphäre zu machen haben, und weil die von jedem Punkte ausgehenden, sich zerstreuenden Lichtstrahlen in der Nähe besser beisammen bleibend ins Auge dringen können. Wir wollen dies noch etwas spezieller durchnehmen, es bildet ja die Hauptgrundlage unserer Betrachtung. Stehen wir am hellen Tage etwa zehn Schritt von einem freistehenden Baume entfernt, so können wir bei gesundem Auge noch ganz genau die einzelnen Zweige und Blätter desselben erkennen; gehen wir dann zu einem hundert Schritte weitern Standpunkte, so verschwinden schon die einzelnen Zweige und Blätter, wir sehen nur den Umriß des Baumes und seine Blatt- und Zweiggruppen, den sogenannten Baumschlag noch deutlich; und sind wir tausend Schritt davon entfernt, so ist auch vom Umriß und Baumschlag nichts mehr zu sehen, die ganze Gestalt des Baumes erscheint in einen Nebel gehüllt, alles ist unbestimmt, verschwindend, matt; wäre die Entfernung eine Meile groß, so würde das Auge gar keine Wahrnehmung vom Baume haben. — Sehen wir zwei Bäume unter gleichen Umständen ganz gleich deutlich, so halten wir sie für gleich entfernt von unserm Auge und nehmen den für den größern, den wir unter größerm Sehewinkel empfinden. Erscheinen uns dagegen beide Bäume unter übrigens gleichen

Umständen mit gleichgroßen Sehewinkeln ungleich deutlich, so halten wir den besser erleuchteten für kleiner als den andern. Denn wegen seiner größern Lichtstärke schätzen wir unwillkürlich die Entfernung geringer als die des andern, und was uns näher gerückt den Sehewinkel nicht vergrößert, nehmen wir für kleiner geworden. — Machen wir nun hiervon die Anwendung auf den Mond. Die astronomischen Messungen haben uns überzeugt, daß der Vollmond bei seinem Aufgange ziemlich genau denselben Sehewinkel in unserm Auge bildet, als bei seinem höchsten Stande, ja daß er sogar dort noch um etwas, aber um ein sehr Geringes, kleiner ist als hier. Wir dürfen also ohne wirklichen Fehler annehmen, daß der Mond vom Aufgange bis zum Untergange unter gleichgroßen Sehewinkeln von uns gesehen wird. Da uns derselbe nun aber hoch über uns in einem viel kräftigern Lichte erscheint, als unten am Horizonte, so halten wir ihn unwillkürlich oben für viel näher als unten, und schließen daraus eben so unwillkürlich, daß derselbe in seiner untern Lage bedeutend größer sein müsse als in seiner obern."

„Wir sehen also den Mond — —," wiederholte nachdenkend B... als sein Gefährte schwieg, „in seiner jedesmaligen Bahn immer unter demselben Sehewinkel, halten ihn aber wegen seiner wirklich schwächern Erleuchtung unten am Horizont für viel entfernter von uns, als in seinem höchsten Stande, folglich muß er uns dort auch viel größer erscheinen, als hier. Die Sache will reiflich erwogen sein. Es ist hier derselbe Schluß wie bei den ungleich erleuchteten beiden Bäumen unter gleichen Sehewinkeln. Ja, das ist wahr. Ich kann gegen die Richtigkeit nichts einwenden, obgleich ich auch wieder nicht leugnen mag, daß ich die Beweisführung mir noch schlagender gewünscht habe."

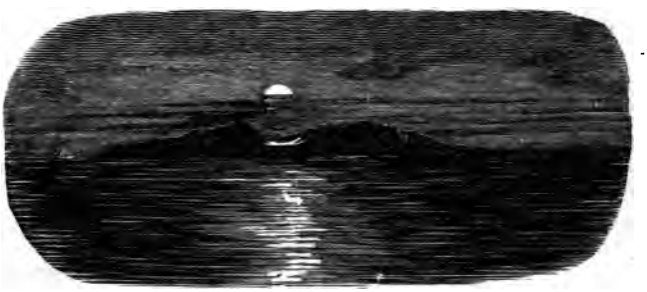
„Ich will's versuchen, Ihnen noch etwas zu Hülfe zu kommen," sagte lächelnd A... „Unsere Untersuchung hat uns schon vorher auf denselben Standpunkt gebracht, wo nachzuweisen war, daß das Himmelsgewölbe nicht kugelrund, sondern über uns abgeplattet, oder uns näher gelegen erscheinen müsse. Stellen wir die Gründe für diese Täuschung nicht in Zweifel, so läßt sich das Phänomen mit der Größe des Mondes unmittelbar daraus folgern. Denn alle himmlischen Erscheinungen gehen für unser Auge an diesem eingebildeten Himmelsgewölbe vor. Sonne, Mond und Sterne scheinen am Firmament befestigt zu sein. Das Auge sieht den Mond bei seinem Aufgange am weit entfernten Himmel und hält ihn natürlich für eben so weit abgelegen; es sieht ihn, je höher, um so näher, wie das Himmelsgewölbe. Denken wir uns nun noch hinzu, daß die unbewußte Empfindung des Sehewinkels unveränderlich dieselbe bleibt, so kommt es dem Auge gerade so vor, als wenn ihm der Mond bei seinem Emporsteigen allmählich näher gebracht würde ohne Vergrößerung des Sehewinkels, wodurch er natürlich in eben dem Maße kleiner erscheinen muß."

Damit war nun Freund B... ganz zufrieden gestellt. Der Physiker bemerkte aber noch, daß ja nicht zu übersehen sei, wie bei dieser letzten Erklärung die eine Täuschung auf eine andere gestützt sei, und daß dieselbe nicht gut

mit für den Thurmknopf passe. Er fügte deshalb noch hinzu: „Wir sehen also den Thurmknopf unten auf dem horizontalen Boden größer, als oben auf der Thurmspitze, weil er dort weniger gut erleuchtet ist als hier, und also unter gleichem Sehewinkel unten entfernter vom Auge zu liegen scheint, als oben."

„Jetzt ist es mir auch klar," sagte B..., „daß Sie Recht hatten, wenn Sie gleich zu Anfang unserer heutigen Unterhaltung aussprachen, wie meine erste Thurmknopfsverwunderung sich ganz einfach aus der bessern Durchsichtigkeit der obern Luft erklären lasse. Sie haben mich recht gründlich belehrt. Ich danke Ihnen dafür!"

Die beiden Freunde schieden hier von einander mit der gegenseitigen Zusicherung, den Gegenstand bei ihrem nächsten Zusammentreffen noch weiter zu besprechen.



Regenbogen.

XII.

Das Licht und die Atmosphäre.

Das Phänomen des Regenbogens. Die Ursach seiner Farbe und Form nach Newton's Theorie. Haupt- und Nebenregenbogen. Jeder höher gelegene ist schwächer an Licht und besitzt umgekehrte Farbenordnung. Die Möglichkeit zum Sehen kreisrund geschlossener Regenbogen. Der Regenbogen bei Wasserfällen und auf dem Meere. Der Regenbogen ist in Deutschland den ganzen Sommer hindurch nie um Mittag zu sehen. In der heißen Zone sieht man nur Morgen- und Abendregenbogen. Mondsregenbogen. Brockengespenst. Luftspiegelung. Strahlenbrechung der Luft. Fata Morgana, Beschreibung ihrer wahren Erscheinung. Erklärung dieses Phänomens.

An einem Frühlingstage, wo kleine Regenschauer den klaren Sonnenschein schon zu wiederholten Malen unterbrochen hatten, versuchten die beiden Freunde gegen Abend noch einen Spaziergang. Sie waren kaum in's Freie gekommen, so traf sie ein kleiner Streifregen, der aber rasch vorüber ging und nicht einmal stark genug war, den Sonnenschein zu unterdrücken. Ihr Weg führte gen Westen.

„Wir müssen einen Regenbogen am Himmel haben," sagte der Naturforscher, kehrte sich um und durchsuchte den östlichen Himmel. Hier war aber noch nichts von dem Phänomene zu sehen.

„Es scheint nicht so," bemerkte B . . . „Warum suchen Sie die Erscheinung aber gerade in Osten?"

„Weil sie immer dem Stande der Sonne entgegengesetzt auftritt," war die Antwort. „Nur noch einen Augenblick Geduld, damit der Westwind die kleine Regenwolke etwas weiter von uns weg getrieben hat."

„Und der Beobachter die offene Sonne im Rücken und die Regenwand vor sich hat," fügte B... hinzu. „Das ist ja wol die Regel. Doch sehen Sie, da haben wir das schöne Farbenschauspiel in seiner ganzen Pracht. Warum mag immer der untere der kräftigste sein?"

„Bei dem untern erleidet das Licht nur eine Spiegelung im Regentropfen, während es bei dem obern jedesmal zwei erfährt," antwortete A... „Jeder Reflex schwächt das Licht."

„Dann halten Sie also den Nebenregenbogen für den Widerschein des Hauptregenbogens?" fragte sehr überrascht der Andere.

„Nein, nein, durchaus nicht," entgegnete rasch der Physiker. „Ich rede ja nicht vom Widerschein des Regenbogens, sondern vom Lichtreflex, der dem Phänomene stets zu Grunde liegt. Sie haben aber Recht, die Farben sind heute ungewöhnlich kräftig und schön ausgeprägt. Ich freue mich immer, so oft ich dies Farbenbild recht klar und scharf erblicke. Es erinnert mich dann an meine Reisen in der Schweiz. An einem sonnigen Sommermorgen im Lauterbrunnthale, als ich am Fuße der Jungfrau den Blick auf den brausend herabstürzenden Trümmelbach gerichtet hatte, sah ich einst einen vollkommen geschlossenen Regenbogenkreis."

„Das ist merkwürdig!" rief der Freund. „Ich habe den Regenbogen noch nie als ganzen Kreis gesehen. Neulich wurde darüber auch sehr lebhaft gestritten. Ein Sachverständiger wollte behaupten, daß dies noch nie gesehen sei. Es wäre eine reine Unmöglichkeit der Natur."

„Eine Unmöglichkeit?" fragte verwundert A... „Das ist zu viel gesagt."

„Ja eine reine Unmöglichkeit," betheuerte B... „Er bemerkte noch, daß immer ein Theil des Regenbogens unter dem Horizonte des Beobachters liege und folglich gar nicht gebildet oder doch wenigstens nie gesehen werden könnte."

„In den meisten Fällen hat er darin Recht," sagte A..., „nur nicht in allen. Wenigstens war es aber übereilt, von einer reinen Unmöglichkeit zu reden. Kämtz, der berühmte Meteorologe, spricht es ganz entschieden aus, daß es von hohen Standpunkten aus recht gut möglich sei, einen Regenbogen in vollkommener geschlossener Kreisform zu sehen. Das Auge des Beobachters muß nur rund um die Horizontallinie herum eine recht offene Aussicht gegen den Himmel haben. Auf hohen Bergspitzen möchte dies Schauspiel allerdings auch nie ganz zum Vorschein kommen können nnd das nicht sowol wegen der Undurchsichtigkeit des Horizonts, als wegen des Schattens der Gebirge, denn es ist ja immer nur Morgens und Abends denkbar, wo die Berge lange Schatten in's Thal werfen. Dem Luftschiffer stände aber auch dies Hinderniß nicht im Wege. Indeß, wenn man einmal streiten will, so fehlt es auch nicht an Ursachen dazu. Was mich betrifft, so möchte ich meine Regenbogenbeobachtung in der von der Sonne beschienenen Wasserdunstatmosphäre über dem Trümmelbach nicht gern vor das

Richteramt eines Mannes bringen, der so ohne Weiteres von einer Unmöglichkeit redet, wo eigentlich nur eine starke Unwahrscheinlichkeit vorkommt. Uebrigens ist der Regenbogen bei Wasserfällen auch immer anderer Art als bei wirklichem Regen; er trifft viel mehr mit dem Arc-en-ciel marin zusammen, wovon uns die Seefahrer berichten, daß er oft umgekehrt seine hohle Wölbung nach oben kehre und zuweilen auch in Form ganzer Kreise horizontal über den unruhigen Wogens des Meeres erscheine; in diesem Falle wird er auch nicht in den Regentropfen, sondern in den Wassertropfen, welche die See emporspritzt, gebildet."

„Da haben wir schon wieder einen sehr interessanten Stoff zu unserer Unterhaltung," sagte B... und zeigte große Lust zur weitern Belehrung. „Es thut mir nur leid, daß ich den Zusammenhang zwischen Ursach und Wirkung dieser schönen Naturerscheinung noch gar nicht kenne. Ich würde mich sehr freuen, wenn Sie sich die Mühe geben wollten..."

„Sie wissen, lieber Freund, wie gern ich dazu immer die Hand biete," erwiderte der Naturforscher und zeigte eine Miene der Ablehnung. „Hier auf unserer Promenade fehlen uns nur die Hauptmittel zur Veranschaulichung."

„Sollten Sie darin wirklich ein so großes Hinderniß finden," bemerkte B... „Sie haben mir schon manche sehr verwickelte Naturerscheinung erklärt, ohne andere Hilfsmittel als Ihr anschauliches klares Wort benutzt zu haben. Sie sollten es nur einmal versuchen."

„Nun, wenn Sie es denn so sehr wünschen," willigte A... ein und sann auf einen Augenblick über den passendsten Anfang nach. „Sie wissen schon, wenn das Sonnenlicht durch ein dreiseitiges geschliffenes Glasprisma hindurchgeht, daß es sich wegen der hierbei erlittenen zweimaligen Strahlenbrechung in sein farbigen Bestandtheile zerlegt, wobei das Blaue am stärksten, das Rothe am schwächsten gebrochen wird und das Gelbe in der Mitte liegt."

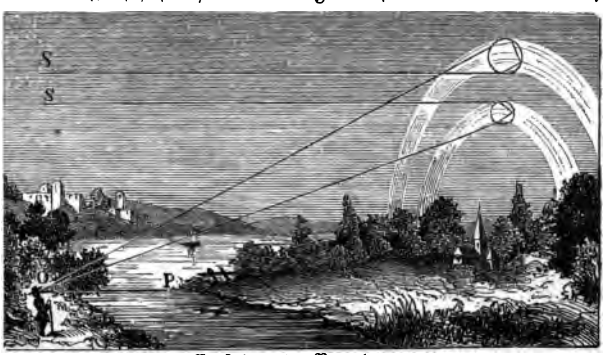
„Sie meinen das Newton'sche Farbenspectrum," unterbrach B... „Ich kenne es recht gut. Sie haben es mir in Ihrem Hause schon gezeigt. Es ist wahr, die Farben erinnern lebhaft an die des Regenbogens, aber..."

„Nur Geduld," beruhigte A..., „wir müssen noch etwas weiter gehen. So geschwind sind wir nicht am Ziele. Jetzt denken Sie sich, eine mit Wasser gefüllte Glaskugel würde mit Hülfe einer Schnur unter freiem Himmel in offener Sonne langsam auf und nieder bewegt, während Sie, abgewandt von der Sonne, das Auge beständig auf die Kugel gerichtet hätten; dann kommt ein Augenblick vor, wo Sie in rascher Folge alle Regenbogenfarben hinter einander aus dem Innern des Wasserkörpers zurückgeworfen sehen. Das Sonnenlicht dringt nämlich oben bei der Kugel ein, wird hier gebrochen, von der gegenüberliegenden Kugelfläche zurückgespiegelt bis es unten zum zweiten Male gebrochen und wie bei dem Prisma in farbige Strahlen zerlegt durch die Luft zum Auge gelangt. Aendern Sie die Richtung des Auges nicht, so werden Sie in einer bestimmten Höhe der Kugel nur einen entschieden rothen Strahl empfinden; wird hierauf die Kugel vorsichtig etwas tiefer herabgelassen, so sehen Sie das etwas stärker gebrochene gelbe Licht, und nach nochmaliger Senkung der Kugel sehen Sie das

am stärksten gebrochene blaue Licht. Da haben wir schon die Reihenfolge Roth, Gelb, Blau wie beim Hauptregenbogen. Die Größe der Kugel thut natürlich hier nichts zur Sache; es wird Alles unverändert dasselbe bleiben, wenn wir die Kugel auch so klein denken wie ein Regentropfen, oder auch den Regentropfen selbst dafür an den Platz gesetzt dächten. Unter dieser Voraussetzung stände aber der Möglichkeit nichts entgegen, gleich drei unter einandergelegene Regentropfen so anzunehmen, daß der oberste Ihrem Auge den rothen Lichtstrahl zusendete, während der mittlere den gelben und der untere den blauen. So sehen Sie durch die vereinigte Wirkung aller drei Regentropfen zugleich die drei Grundfarben des Regenbogens."

„Damit ist meine Einsicht schon um ein Bedeutendes weiter gekommen," sagte B . . . „Denn nun kann ich mir schon selbst sagen, daß die von der Sonne beschienenen wirklichen Regentropfen auf ihrem Wege durch alle die Lagen kommen, in denen sie dem Auge des Beobachters die Regenbogenfarben zusenden können. Es fallen ja immer neue und neue Tropfen aus der Wolke zur Erde, daher läßt sich ohne Weiteres annehmen, daß in den bestimmten drei Plätzen immer drei Regentropfen vorhanden sind, wenn jeder auch nur einen Augenblick in der erforderlichen Lage verweilt. Aber das wäre doch erst ein einziger Ort, ein Punkt vom Regenbogen. Ich bin daher sehr gespannt . . ."

„Wie die Theorie daraus einen Bogen bilden will," ergänzte der Physiker. „Newton, dem wir die wissenschaftliche Erklärung des Phänomens verdanken, brachte durch genaues Messen heraus, daß die Richtung, unter welcher von der emporgezogenen Wasserkugel das rothe Licht zum Auge gelange, mit den freien Sonnenstrahlen jedesmal einen Winkel von 42° 2 Minuten mache, daß aber dann dies rothe Licht sich rund um das Auge herum wahrnehmen lasse, sobald die Kugel nur in eine Lage gebracht würde, welche diesem Winkel entsprach. Um die Sache noch anschaulicher zu machen, so wollen wir uns vom Auge aus eine gerade Linie gezogen vorstellen, welche genau in die Richtung der Sonnenstrahlen fällt, und eine zweite gerade Linie, welche mit jener einen Winkel von 42° 2' im Auge bildet. Denkt man sich nun diesen Winkel rund um den ersten festen Schenkel wie ein Rad um seine Axe gedreht, so muß jede Lage des bewegten Schenkels eine Richtung zum rothen Lichte abgeben. Die feste Linie, um welche wir in



Entstehung des Regenbogens.

Gedanken den Winkel gedreht haben, wollen wir die Regenbogenaxe nennen. Denken wir denn eine Linie vom Auge gezogen, welche zu dieser Axe einen Winkel von 40° 16″ macht, und diesen Winkel auch wie vorhin rund herum bewegt, so führt auch hier jede Lage des bewegten Schenkels zu den Plätzen, in denen die Wasserkugel dem Auge das blaue Licht zusendet.“

„Hiernach müßte also der Regenbogen eine Breite von 1° 46″ haben,“ bemerkte der aufmerksame Zuhörer, „und er müßte jedesmal rund um die sogenannte Regenbogenaxe gelegt sein.“

„Ganz recht,“ sagte mit beifälliger Miene der belehrende Freund.

„Und nun ist mir auch klar,“ fuhr der Andere mit Eifer fort, „wie das Ebengesagte auch dazu paßt, die zwischenliegenden Farben Orange, Grün entstehend zu denken. Aber ich kann doch noch nicht recht begreifen, wie sich nach dieser Theorie die Erklärung für den zweiten Regenbogen durchführen läßt. Sehen Sie nur, er ist viel breiter als der untere, und seine Farben sind gerade umgekehrt geordnet.“

„Davon wollte ich eben jetzt sprechen,“ sagte A … „Wird die Wasserkugel über die bei der ersten Erklärung bezeichnete höchste Lage, in der sie dem Auge das rothe Licht zusandte, langsam höher emporgezogen, so dauert es einige Zeit, in welcher sie kein farbiges Licht sehen läßt, dann kommt aber wieder eine Lage, die einen rothen Strahl zum Auge sendet, etwas höher eine, die das gelbe und noch höher eine, die das blaue Licht zeigt. Bemerken Sie gefälligst, wie hier dieselben Farben beim Steigen der Kugel gerade so auf einander folgen wie vorhin beim Hinabsenken; sie sind also umgekehrt geordnet. Wie erklärt sich dies? — Wir müssen uns nämlich vorstellen, daß der Sonnenstrahl nicht oberhalb, wie vorher, sondern unterhalb in die Kugel dringt und erst nach zweimaliger Zurückspiegelung oben aus der Kugel zum Auge hin gebrochen wird. Das Licht wird auch hier in Farbenstrahlen aufgelöst, die aber zum Einfallslothe eine entgegengesetzte Lage haben, so daß, wenn sie beim ersten Falle oberhalb des Einfallslothes lagen, sie hier unterhalb desselben liegen. Hiernach muß also der am wenigsten gebrochene rothe Strahl höher aus der Kugel fahren als der gelbe, und dieser höher als der blaue, woher es denn kommt, daß bei dem Emporziehen der Kugel das Auge zuerst den rothen, dann den gelben und zuletzt den blauen Strahl empfindet. Das Uebrige wiederholt sich nur, so daß wir für die Wasserkugel die Regentropfen an den Platz setzen, die durch ihre fallende Bewegung immer von selbst die erforderlichen Lagen ausfüllen.“

„Das ist vortrefflich,“ sagte B …, „ich verstehe jetzt Alles sehr gut; aber, es scheint mir aus dem Ebengesagten noch nicht zu folgen, daß der obere Regenbogen schwächeres Licht besitzt.“

„Das ist nun gar leicht noch nachzuweisen,“ sagte A …, „Sie dürfen nur nicht unberücksichtigt lassen, daß das Auge der Theorie zufolge das Licht des zweiten Regenbogens erst nach zweimaliger Spiegelung im Regentropfen empfindet, während das des erstern schon nach einmaliger Spiegelung wahrgenommen wird. Mit einer jeden Spiegelung ist überhaupt eine Abnahme der

Lichtstärke verbunden, ganz besonders aber in vorliegendem Falle, denn eine jede solche reflectirende Stelle läßt einen Theil des Lichtes auch aus der Kugel austreten; daher kommt es denn, daß der zweite Regenbogen schon mehr als sechsmal schwächere Lichtfarben besitzt als der erste. Zuweilen sieht man noch einen dritten, ja sogar noch einen vierten höher und höher gelegenen Regenbogen, wovon aber jeder folgende auch wieder mehr als sechsmal schwächer erscheinen müßte als der vorhergehende, weil für jeden neuen Bogen ein neuer Reflex und damit auch eine neue Schwächung des Lichtes hinzukommt. Die Ordnung der Farben würde ebenfalls in jedem nächstfolgenden eine umgekehrte sein im Vergleich zu der des vorhergehenden."

„So! —" rief B... „Nun verstehe ich Alles. Jetzt habe ich ein recht befriedigendes Licht in der Sache. Ja, ja ich glaube das Ganze vollkommen begriffen zu haben."

„Und dennoch will es mir fast scheinen," sagte A... „als wenn Sie noch mit einiger Ungewißheit kämpften. Verschweigen Sie mir ja nichts, lieber Freund!"

„Nein," betheuerte B..., „durchaus nicht! — Aber halt! Ich hörte von eben jenem Sachverständigen der „reinen Unmöglichkeit," daß man hier in Deutschland den ganzen Sommer hindurch nie um die Mittagszeit einen Regenbogen sehen könne, und in den Tropengegenden gelte dies für's ganze Jahr. Hat der gute Mann hierin nicht auch viel zu viel gesagt?"

„Durchaus nicht," entgegnete der Befragte. „Im Gegentheil, er hat noch nicht genug gesagt. Doch ich will versuchen, Ihnen den Grund zu der Behauptung nachzuweisen. So wie der Hauptregenbogen sich um die Regenbogenaxe des Beobachters unter einem Winkel von 42° 2′ herumwölbt, so zieht sich der Nebenregenbogen unter einem Winkel von 54° 9′ um die Axe herum. Angenommen nun, wir ständen auf dem flachen Lande und die Sonne wäre höher als 54° 9′ über den Horizont gestiegen, so läge auch die Regenbogenaxe um mehr als 54° 9′ unter dem Horizonte. Die Möglichkeit zur Bildung der beiden Regenbogen fiele daher weg. Wir wohnen unter dem 52. Breitengrade, daher steht hier im Juni die Sonne um Mittag 61¼ Grad über dem Horizonte. Reicht also unser Beobachtungsfeld dann nicht unter den Horizont hinab, so würden wir von 9¼ Uhr Morgens bis 2¼ Uhr Nachmittags keinen Regenbogen sehen können. Da ferner in den Monaten Mai und Juli die Sonne um Mittag noch 58° hoch steht, so würden wir unter der genannten Voraussetzung von 10¼ Uhr bis 1¼ Uhr nichts vom Regenbogen sehen können. Und wenn in den Monaten April und August die Mittagssonne auch nur 49° Höhe besitzt, so würden wir dann sicher auch noch nichts vom Mittagsregenbogen sehen können, weil in der Tiefe am Horizonte, wo möglicherweise ein Stückchen Nebenregenbogen zum Vorschein kommen könnte, die Undurchsichtigkeit der Luft alles wieder auslöschen würde. Und der Möglichkeit zum Entstehen und Wahrnehmen des Hauptregenbogens stehen natürlich noch größere Hindernisse im Wege, so daß auch die Monate März und September mit einbegriffen werden müssen. Da

nun überhaupt der Hauptregenbogen maßgebend ist, so kann man recht gut sagen, daß in den sieben Monaten zwischen Februar und Oktober in Deutschland kein Regenbogen um Mittag zu sehen ist; und man im Juni von 4 Stunden vor Mittag bis 4 Stunden nach Mittag diese Erscheinung nicht wahrnehmen kann."

„Ja — —" sagte B... sichtbar sehr überrascht. „So viel Behinderung hätte ich wahrlich nicht für möglich gehalten. Das ist viel, aber die Sache hat ihre Richtigkeit, sie läßt sich nicht bezweifeln. Jetzt ist mir auch klar, warum unter den Tropen nie von einem Mittag-, sondern immer nur von einem Morgen- und Abendregenbogen die Rede sein kann."

Der Naturforscher nickte Beifall, sagte aber nichts, weil er merkte, daß sein Begleiter noch etwas hinzuzufügen hatte.

„Auch folgt noch aus dieser Betrachtung," fuhr B... weiter fort, „daß der Regenbogen zuweilen nur stückweise zum Vorschein kommen kann, weil nicht überall an den Orten seines Entstehens die nothwendigen Regentropfen vorhanden sind. So kann auch der Regenbogen ganz wegfallen, wenn die regnende Wolke nicht die erforderliche Höhe hat."

„Vortrefflich!" — rief A... „Oder es können auch nur Theile davon sichtbar sein, wenn der herabfallende Regen nur theilweise ein günstiges Feld zum Entstehen des Phänomens darbietet. Solche farbige Stellen am Himmel heißen in der Meteorologie Regengallen. — Aber, lieber Freund, wie sieht es denn nun aus mit den kreisrunden geschlossenen Regenbogen? Haben Sie nicht auch hierzu den Schlüssel? —"

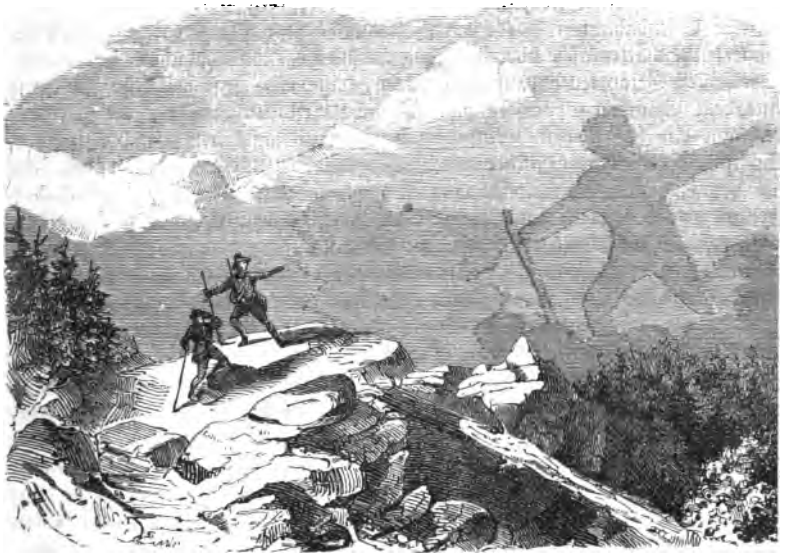
„Ach ja — — so! —" sagte etwas überrascht der Befragte. „Das ist ja auch noch ein Hauptpunkt der Untersuchung. Bald hätte ich ihn vergessen. Doch so viel ist gewiß, nach der Theorie steht der Möglichkeit nichts entgegen, daß sich der Regenbogen auch 'mal als geschlossener Kreis zeigen könne, wenn der Blick unter die Horizontallinie nur tief und frei genug, und wenn überhaupt alle Umstände gerade so vorkommen, wie sie zum Entstehen des Phänomens nöthig sind."

„Wenn — wenn," rief A..., „dies Wenn hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Denn liegt auch auf großen Höhen das ganze Gesichtsfeld rund um die Axe des Regenbogens offen und frei, fehlt hinter uns die klare Sonne und vor uns die regnende Wolke nicht, so macht doch sehr wahrscheinlich die lichtschwächende Ursache der untern Luftschicht immer noch ein Hinderniß. Daher kommt's, daß eine eigentliche Beobachtung dieser Erscheinung vielleicht noch nie gemacht worden ist. An Beispielen, wo man auf hohen freien Bergen mehr als den Halbkreis des Regenbogens sah, fehlt es uns nicht. Ich kenne aber noch nicht ein einziges Beispiel, wo man den ganzen Kreis als Regenbogen gesehen hätte."

„Sie vergessen Ihre eigne Beobachtung im Lauterbrunnthale," erinnerte B..

„Nein, mein Freund," entgegnete der Physiker, „durchaus nicht. Das ist ja ein ganz anderer Fall. Bei diesem kommt gar kein eigentlicher Regen vor, man nennt dies Phänomen wol Regenbogen, weil Farbe und Form daran erin-

nert. — — Und dennoch fällt seine Theorie mit der des wirklichen Regenbogens in der Hauptsache in Eins zusammen. Die Tropfenwand, in welcher die Erscheinung sich bildet, hat hier aber meistens eine ganz andere Lage und sie steht auch dem Auge viel näher als eine Regenwand. Denken Sie sich, der Beobachter stände über dem Wasserfall, wie ich damals bei dem Trümmelbach, und die oberste Grenzschicht der emporgespritzten Wassertropfen sei eine zur Regenbogenaxe senkrecht stehende Ebene von hinreichend großer Ausdehnung, nehmen Sie ferner an, daß rund um diese Axe herum die Sonne ganz unbehindert auf diese



Das Brockengespenst.

Tropfenschicht schiene, so stände der Möglichkeit zu einem vollkommen geschlossenen Regenbogen nichts entgegen. Da hier der Weg des farbigen Lichts zum Auge ein verhältnißmäßig sehr kurzer ist, so ist es auch recht gut denkbar, daß außer dem Hauptregenbogenkreise noch ein zweiter und dritter entstände. Indeß wegen dieser Nähe können auch diese Kreise nur klein und schmal ausfallen, so daß man nicht alle Farben so vollkommen entfaltet sieht wie beim wirklichen Regenbogen. Die Seefahrer sehen unter ähnlicher Voraussetzung oft 20 bis 30 solcher Regenbogenkreise, welche aber wenig mehr als Gelb und Grün zeigen."

„Ich habe auch vom Mondregenbogen gelesen," bemerkte B . . ., „darunter versteht man wol nur den farbigen Hof desselben?"

„Nein, mein Freund," erwiderte A..., „der Mondsregenbogen wird gerade wie der Sonnenregenbogen gebildet, nur ist er natürlich viel schwächer, wegen der ursprünglich sehr schwachen Lichtquelle. Auch will ich bei dieser Gelegenheit noch bemerken, daß das von einer ebenen Wasserfläche gen Himmel gespiegelte Sonnenlicht auch zuweilen Regenbogen bilden kann, welche sogar ihre hohle Wölbung nach oben kehren. Doch in dieser Art ist das Reich der Möglichkeit sehr groß."

Die beiden Freunde gingen nun einige Augenblicke schweigend neben einander. Jeder dachte über den eben durchsprochenen Gegenstand noch weiter nach. Ihr Weg führte auf einer kleinen Erhöhung neben der etwas tiefer unter ihnen gelegenen Eisenbahn hin. Die Sonne stand schon tief und warf ihre stark verlängerten Schatten quer über die Schienen hinweg. Da machte der Naturforscher seinen Gefährten darauf aufmerksam, daß die Gelegenheit sehr günstig sei, eine dem Brockengespenste ganz ähnliche Erscheinung beobachten zu können. Es kam ein Zug heran. Auf dem darüber sich lagernden Dampfe flogen die Schatten der Telegraphenstangen, Wächterhäuschen und Bäume vorüber. Und als der Zug gerade vor ihnen war, so zeigte sich auf der Dampfwolke auch ein freilich sehr verzerrtes Schattenbild von ihren eigenen Personen. Die Wahrnehmung erfreute Beide und gab die Veranlassung zu mancherlei belehrenden Bemerkungen. Gerade so zeige sich den Luftschiffern oft ein Schattenbild ihres Ballons auf den Wolken der obern Luftregion. Bei dem Besteigen freier Berggipfel komme diese gigantische Silhouette oft auf den wolkenartigen Morgen- und Abendnebeln vor, wenn nur Sonne und Nebel eine ähnliche Lage wie hier zu einander hätten. In Bezug auf den Brocken sei der Name entstanden. Die Unterhaltung kam natürlich auch auf das Kapitel der Luftspiegelung, wofür besonders Freund B... ein lebhaftes Interesse an den Tag legte. „Erst vor Kurzem," sagte er, „las ich eine Beschreibung der Fata Morgana. Wenn man von Reggio über die Meerenge von Messina sieht, hieß es in derselben, so zeigen sich dem Auge oft Städte und Schlösser und Thürme, Wälder und Fluren, Wiesen mit Viehheerden, ganze Scharen von Fußgängern und Reitern, obgleich man weiß, daß von allen diesen Gegenständen gar nichts in der Wirklichkeit vorhanden ist. Zuweilen sieht man auch Schiffe hoch in der Luft abgespiegelt, ohne daß welche auf dem Meere sind. Diese gleichsam in der Luft schwebenden Gestalten verschwinden und andere noch wunderbarere Gestalten treten dafür an den Platz, so daß man sich in eine Feenwelt versetzt glaubt, weil selbst das kundigste Auge die Gegend nicht für diejenige zu erkennen vermag, die es sonst hier zu sehen gewohnt ist. Der Wechsel der auffallenden Erscheinungen scheint einer Zauberwelt anzugehören."

„Darin liegt nur theilweise etwas Wahres," sagte lächelnd A... „Uebertreibung bildet dabei die Hauptsache. Es ist ein Produkt überspannter Einbildungskraft, wofür sich die Geisterseher am liebsten interessiren. Der Aberglaube hält dies zauberische Spiel unerklärlicher Erscheinungen für das Werk der Fee Morgana. Sie spiegele den Menschen ihre Schicksale in den Luftgestalten ab,

woher nach Minosi der Name Fata Morgana gekommen sei. — — Etwas Wahres ist aber an der Sache und dies ist nicht blos an die Meerenge von Messina gebunden, sondern es zeigt sich überall, wo das Auge über große ebene Flächen hinwegsieht."

„Aber worin hat denn das Wahre dieser Luftspiegelung seinen Grund?" fragte B...

„In der Strahlenbrechung der Luft," antwortete A... mit Ruhe.

„Das habe ich mir wol denken können," bemerkte B..., „indessen will es mir doch scheinen, als wäre die Sache sehr verwickelter Art, so daß man den Hauptschlüssel zur Erklärung nicht so leicht finden könnte. Vielleicht sind Sie so freundlich, mir etwas mehr Aufschluß zu geben."

„Mit Vergnügen," erwiderte A... „Sie kennen schon die Eigenschaft des Lichtes, wonach dasselbe bei dem Durchgange durch verschiedene Materien von seiner Richtung abgebrochen wird."

„Ja, aber," bemerkte B... etwas bedenklich, „es will mir scheinen, als stellten Sie sich gleich auf einen etwas zu allgemeinen, zu hohen Standpunkt, auf dem es mir schwer werden würde zu folgen."

„Nun gut," sagte A... „Ich will also lieber bei einem speciellen Beispiele anfangen. Wenn man von einer Schale mit undurchsichtigen Seitenwänden so weit hinwegtritt, daß man ein auf den Boden derselben gelegtes Geldstück eben aus dem Gesicht verloren hat und läßt dann das Gefäß mit klarem Wasser anfüllen, so wird die Münze wieder sichtbar."

„Das ist ja ein bekanntes Kunststück," bemerkte B..., „welches ich mir auch leicht erklärt habe. Das Licht der Münze wird hier bei dem Austritt aus dem dichtern Wasser so gebrochen, daß alle seine Strahlen eine der obern Wasserfläche zugeneigte Lage annehmen, wodurch also ganz dasselbe bewirkt wird, als wenn ohne Wasser das Geldstück emporgehoben wäre."

„Ganz recht," sagte A... „Halten Sie diesen Gedanken nur fest, er wird uns sehr behülflich sein für unsere fernere Untersuchung. Wenn also das Licht eines Gegenstandes aus dem Wasser durch die Luft zum Auge gelangt, so wird derselbe durch die Strahlenbrechung gehoben. Der Fisch, den wir im Wasser schwimmen sehen, ist jedesmal tiefer unter der Oberfläche, als es dem Auge scheint, und der Schütz, der ihn treffen will, muß daher immer etwas tiefer hinabzielen. Der mit einem Ende schräg ins klare Wasser gehaltene Stab muß an der Wasserfläche eingebrochen erscheinen, weil die untergetauchte Hälfte vermöge der Strahlenbrechung gehoben wird. Unter Umständen kann nun dies Heben der Gegenstände auch die Luft ganz allein thun, wodurch es denn kommt, daß entfernte, unter unserm Horizonte gelegene Gegenstände wie Häuser, Bäume, Schiffe, Menschen, Thiere eben so sichtbar werden, wie das Geldstück in der Wasserschale...."

„Halt, halt," rief sehr besorgt der zuhörende Freund. „Sie sind ja gar zu rasch zum Schlusse gekommen. Der letzte Umstand, den Sie so ohne Weiteres als bekannt voraussetzen, ist mir noch ganz ein Räthsel, wozu mir alle Erfahrung fehlt."

„Sie thun ja sehr erschreckt," entgegnete beruhigend der Andere. „Ich wollte ja gerade über diesen Punkt noch das Nöthige hinzufügen. Huygens, der große Zeit- und Fachgenosse des genialen Newton, war ziemlich der erste, welcher durch unmittelbare Versuche wissenschaftlich nachgewiesen hat, daß die strahlenbrechende Kraft unserer Atmosphäre auch einen wesentlichen Einfluß auf unser Sehen irdischer Gegenstände auszuüben im Stande sei. Vor ihm kannte und beobachtete man nur die astronomische Strahlenbrechung. An einem heitern Sommermorgen richtete er von seiner Wohnung im Haag sein Fernrohr horizontal nach einem etwa eine halbe Meile entfernten Schlosse, merkte sich den Punkt, welcher das Fadenkreuz genau überdeckte. Es war der oberste Rand eines Fensters, vier Fuß unter dem Thurmdache des Schlosses. Er stellte sein Fernrohr fest, damit es sich nicht verschieben konnte. Von Stunde zu Stunde sah er dann durch das Fernrohr, und bemerkte, wie immer ein höher und höher gelegener Punkt des Schlosses sich unter das Fadenkreuz stellte, so daß es aussah, als sänke dasselbe tiefer und tiefer unter die Horizontallinie hinab. Gegen Mittag stand schon der Rand des Thurmdaches dem Fadenkreuze gegenüber. Später war dies Herabsinken nicht mehr so merklich, indeß dauerte es doch fort bis gegen 2 Uhr Nachmittags. Dann hob sich das Schloß wieder, anfangs langsam, dann aber rasch bis gegen sieben Uhr das Fadenkreuz wieder auf derselben Stelle des Fensterrahmens stand."

„Das ist ja merkwürdig!" rief B... mit großer Verwunderung aus.

„Diese Wahrnehmung," fuhr A... ohne die Unterbrechung weiter zu beachten fort, „blieb sich natürlich nicht alle Tage gleich. Bald war sie größer, bald kleiner. Im Allgemeinen galt aber als Regel, daß die niedrigere Tageswärme dem Emporheben entsprach und die höhere Temperatur dem Senken des Schlosses. Auch steigerte sich die Strahlenbrechung gewöhnlich mit dem Steigen des Barometers. Huygens erwähnt Beobachtungsfälle, wo nach kalten klaren Nächten, welche heißen heiteren Sommertagen vorangehen, die Strahlenbrechung so groß war, daß von dem Schlosse 10 bis 20 Fuß tiefer gelegene Punkte unter das Fadenkreuz traten. Um Mittag war alles wieder bis zum Dache hinabgesunken. — Solche Versuche sind dann später noch von vielen anderen Naturforschern wiederholt und genau auf Zahlen zurückgeführt worden. Sie beweisen, daß die Luft allein das Licht auch bricht und zwar um so stärker, je dichter sie ist. Da nun unsere Atmosphäre in ihrem gewöhnlichen Zustande von der Höhe in die Tiefe zunehmend dichter wird, so fehlt nirgends die Strahlenbrechung, mögen die Strahlen des Lichtes von oben nach unten, oder von unten nach oben, oder selbst in horizontaler Richtung zum Auge gelangen wollen; nur der eine Fall ist ausgeschlossen, wo sie senkrecht zum Horizont, also in der Richtung des Erdradius stehen, weil ihr Weg dann im Neigungslothe der Lichtschicht liegt. Mit dieser einzigen Ausnahme sind also alle Lichtstrahlen gekrümmte Linien, welche ihre hohle Seite dem Mittelpunkte der Erde zukehren, woraus also folgt, daß wir alle Gegenstände höher sehen, als sie in Wirklichkeit einen Platz einnehmen, und das um so mehr, je tiefer sie am Horizonte und je weiter sie vom Auge entfernt gelegen sind."

Der Doppelgänger des Luftschiffers.

Verlag von Otto Spamer

„Ach ja," unterbrach B... auf's Neue. „Den Punkt haben wir früher schon einmal kurz erwähnt. Aus derselben Ursach sehen wir hier in Deutschland Sonne, Mond und Sterne durchschnittlich 4 bis 5 Minuten später untergehen und eben so viel früher aufgehen, als wir sie auf- und untergehen sehen würden, wenn die strahlenbrechende Kraft der Atmosphäre nicht wäre."

„Richtig," bemerkte A... und ging dann rasch wieder an seine Erklärungsaufgabe. „Dies Heben der Himmelskörper durch die atmosphärische Strahlenbrechung ist um so größer, je näher der Stand des Beobachters an den Polen der Erde gelegen ist. So erzählt schon der holländische Seereisende Wilhelm Barentß, als er im Jahre 1646 genöthigt war auf Novazembla zu überwintern, daß er mit seinen Gefährten die Sonne um volle vierzehn Tage früher wieder aufgehen sehen habe, als dies ohne Strahlenbrechung möglich gewesen wäre. Aehnliches berichten alle späteren Reisenden, die in der Nähe der Pole überwintert haben. Wirkt die Strahlenbrechung nun schon bei dem gewöhnlichen Zustande der Luft eine so stark in die Augen fallende Hebung der Gegenstände, so ist es leicht erklärlich, daß sie dies noch viel überraschender thun muß, wenn die Umstände ungewöhnlich günstig sind, wie z. B. nach kalten, klaren Nächten, denen ein heißer heiterer Tag folgen will, wo die Temperatur der untern Luft um 10 Grad tiefer steht und in eben dem Maße dichter und strahlenbrechender ist, als die nur um 20 bis 30 Fuß höher gelegene."

„Und unter solchen außergewöhnlichen Umständen entsteht die Luftspiegelung, die Fata Morgana," sagte B... „Ich fange an die Sache zu begreifen."

„Der berühmte Leipziger Naturforscher, H. W. Brandes," setzte A... seinen Vortrag fort, „berichtet, daß er zu Anfang unsers Jahrhunderts, als er noch oldenburgischer Deichkondukteur war, von der am Ausflusse der Elbe gelegenen Insel Neuwerk (siehe Seite 117.) zu wiederholten Malen die Insel Helgoland gesehen habe, welche von dort doch sieben deutsche Meilen entfernt ist und beim gewöhnlichen Zustande der Luft wegen der Krümmung der Erdoberfläche gar nicht gesehen werden konnte. Er sah dann nicht blos den hohen Felsen, sondern auch die kleine, wenig über die Meeresfläche erhobene niedrige Insel und das diese umwogende Meer selbst, und dies Alles meistens mit ausgezeichneter Deutlichkeit. Er wohnte zu Eckwarden am Jahdebusen, von hier aus sah er an heiteren Frühlings- und Sommerabenden, wenn nach sehr warmen Tagen die untere Luft sich schnell abgekühlt hatte, die am gegenüberliegenden Ufer des Busens nahe am Wasser gelegenen Häuser stark zusammengedrückt, während das ganze dahinter liegende Land mit allen seinen Dörfern, Häusern und Bäumen sich so stark empor hob, als wäre sein Standpunkt plötzlich auf einen hohen Berg versetzt. Scoresby erzählt in seiner Reise auf den Walfischfang im nördlichen Eismeere ähnliche Wahrnehmungen. Als die Sonne im Juni 1822 einst bei windstillem Wetter sehr drückend war, so schien das Land plötzlich 15 bis 20 engl. Meilen näher zu sein; die verschiedenen Theile desselben ragten so stark hervor, daß sie vom Verdeck aus mit größerer Deutlichkeit gesehen werden konnten, als vorher vom Mars. Das Eis am Horizonte

nahm mancherlei sonderbare Gestalten an; große Eisblöcke wurden zu aufrecht stehenden Säulen, Eisschollen und Eisfelder erhoben sich zu einer Kette von prismatischen Felsen und in vielen Stellen erschien das Eis in der Luft unter einem Winkel von mehreren Minuten über dem Horizonte. Die nahe liegenden Schiffe zeigten wunderliche Formen. Segel und Masten waren zu Karrikaturen verzerrt; an einigen Schiffen waren die unteren großen Segel fast zu Nichts zusammengedrückt; dagegen die Marssegel beinahe auf das Vierfache ihrer wirklichen Höhe ausgedehnt und die Bramsegel verstümmelt. Als Cook im Dezember 1773 in dem südlichen Polarmeer einst die Mittagshöhe der Sonne beobachtete, kam ein heftiges Schneegestöber von Osten her am Schiffe vorbei. In demselben Augenblicke verbarg sich eine gerade unter der Sonne liegende, bis dahin sichtbare und weit innerhalb der Grenze des scheinbaren Horizonts befindliche Eisinsel unter den Horizont, der übrigens gut begrenzt blieb. Als das Schneegestöber vorüber war, so trat die Insel wieder in den Gesichtskreis."

Luftspiegelung in der Polarsee.

„Das sind sehr interessante Beispiele," sagte B . . ., „sie verbreiten ein herrliches Licht über die wunderbaren Gebilde der Fata Morgana und haben überhaupt sehr viel Belehrendes. Jetzt ist es mir auch begreiflich, woher es kommt, daß die Sonnenscheibe bei ihrem Untergange an kühlen heiteren Sommerabenden eine so auffallend abgeplattete Gestalt anzunehmen scheint; denn sie tritt hier ganz an den Platz der unten am Meere ge-

sehenen Häuser des Jahdebusens oder der unteren Segel der von Scoresby gesehenen Schiffe. Die von der tiefsten Strahlenbrechung veranlaßte Hebung des untern Sonnenrandes ist ja dann stärker als die vom obern, während der horizontale Durchmesser der Sonnenscheibe keine Verkürzung erleidet. Und die entfernteren Dörfer, Häuser und Bäume müssen höher und höher gesehen werden, weil die Wirkung der Strahlenbrechung mit der Entfernung vom Auge wächst."

„Brandes, Scoresby sahen diese Spiegelbilder der Luft auch oft auf den Kopf gestellt, zuweilen sogar doppelt über dem Gegenstande selbst," fügte A... hinzu.

„Umgekehrt?" fragte sehr überrascht B...

„Ja," war die kurze Antwort. „Es folgt sehr natürlich aus der überwiegend stärkern Strahlenbrechung tief unten am Horizonte. Denn nehmen Sie nur einmal an, daß diese Hebung der unteren Gegenstände nicht blos stärker sei als die der oberen, sondern daß sie die obere noch unter sich zurücklasse, so muß ja dem Auge das Bild umgekehrt erscheinen."

„Richtig," sagte B... „Die Lichtstrahlen sind ja gekrümmte Linien und es ist recht gut möglich, daß sie sich zweimal schneiden, daß sie sich vor dem Eintreffen in's Auge schon einmal geschnitten haben, wodurch dann der ursprünglich untere Strahl zu einem obern wird."

„Gerade so," sagte A... „Ich freue mich sehr, daß Sie mir mit Ihrem eignen Nachdenken so schön zu Hülfe kommen. Doch nun möchte ich Sie auch bitten, mir noch zur Darstellung einer andern Art der Luftspiegelung zu folgen. Ich meine die in den heißen Sandwüsten Afrika's und Asiens vorkommende untere Spiegelung."

„Mit dem größten Vergnügen," sagte B... „Sie meinen doch die Fata Morgana, welche die Sandwüsten wie Wasserflächen erscheinen läßt, in denen sich die auf Anhöhen gelegenen Felsen und Bäume abspiegeln?"

„Gerade diese," war die Antwort.

„Nun," rief der Andere, „da erfreuen Sie mich sehr. Ich sehne mich schon lange danach, gerade über diese Erscheinung Aufschluß zu bekommen. Die verlassene unglückliche französische Armee in Unterägypten ist von dieser Luftspiegelung oft auf das furchtbarste gemartert worden. Sie sah Wasser, wonach ihre durstige Zunge lechzte und fand immer nur glühend heißen Sand. Das muß eine entsetzliche Qual gewesen sein! Die armen Menschen! Die Erscheinung kommt wol immer nur in den heißen Wüsten vor?"

„Fast immer," antwortete A... „Sie zeigt sich allerdings auch wol in den anderen Zonen, nur nicht so häufig und so stark. Ich habe sie selbst schon hier in unserer Gegend gesehen. Und auch Ihnen wird sicher schon etwas davon zu Gesicht gekommen sein."

„Mir? — —" fragte sehr überrascht der Angeredete. „Nein, lieber Freund, noch nicht die leiseste Spur. Nein, sicher nicht."

„Nur Geduld," sagte lächelnd A..., „ich glaube es Ihnen beweisen zu können. An den schwülen Sommermorgen, denen gewöhnlich am Nachmittage

Gewitter folgen, sieht das Auge die weitausgedehnten Fruchtfelder, Wiesen und Wälder in einer eigenthümlich zitternden, wogenden Bewegung — —"

„Ja, das habe ich oft gesehen," fiel B... sehr verwundert in die Rede. „Wer konnte das für etwas nehmen, das mit der ägyptischen Luftspiegelung Verwandtschaft hat."

„Und dennoch gehört diese Erscheinung jedenfalls mit in dieselbe Reihe," bemerkte A... „Richtet man um dieselbe Zeit die Aufmerksamkeit auf die ferne Grenzlinie des Horizonts, so zeigt sich hier meistens ein schmaler Lichtstreifen unter einer höher gelegenen dunklen Gesichtsgrenze. Dieser Lichtstreifen ist ein kleines unteres Spiegelbild des Himmels."

„Sie haben vollkommen Recht," sagte B... „Erst vor Kurzem sah ich bei einem entfernten Dorfe unter der dunklen Grenzlinie, welche Thurm, Häuser und Bäume an dem hellen Hintergrunde machten, noch einen tiefer gelegenen Lichtstreifen, als wäre ein Stückchen Himmel ins Dorf gefallen. So — so — das gehört also auch zu dieser Lufterscheinung? — —"

„Allerdings," erwiderte A... „Wenn dann zu einer solchen Zeit die Sonne aufgeht, so sieht es oft aus, als wenn sie bei ihrem Hervortreten eine kleine Luftschicht unter sich hätte, und wenn man in diesem Augenblicke recht aufmerksam ist, so erkennt man auch, daß unter der Sonne noch ein Spiegelbild entsteht, das in eben dem Maße nach unten hin wächst, als von der Sonnenscheibe mehr und mehr über den Horizont tritt. Ja es kann sich so ereignen, daß man sogar zwei ganze Sonnen sieht, eine wirkliche und eine darunter abgespiegelte." —

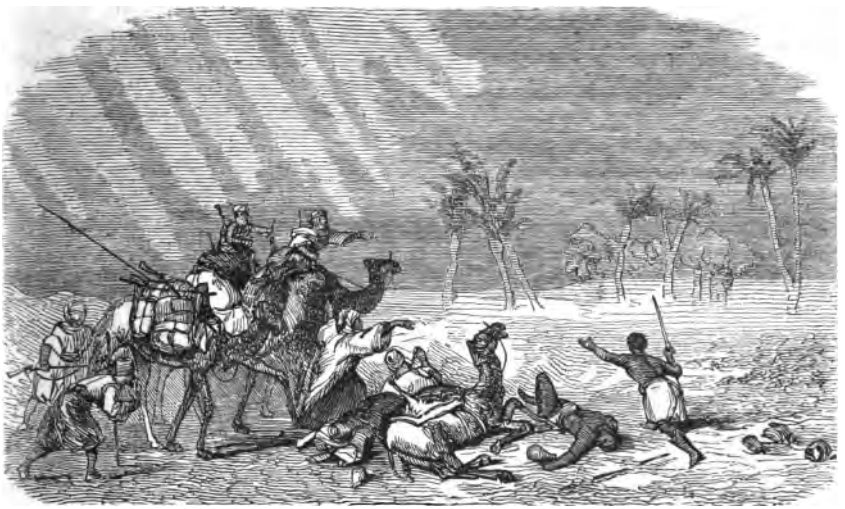
„Ist's möglich?" fragte sehr überrascht B... „Das sieht man doch wol sehr selten."

„Häufig allerdings nicht," sagte A..., „indeß, ich hab's doch schon selbst gesehen. Man muß nur darauf aufmerksam sein. Der untere Lichtreflex ist gewöhnlich sehr schwach. — Doch wir verlieren die ägyptische Fata Morgana ganz aus dem Auge."

„Glauben Sie das ja nicht," betheuerte B...; „ich würde es mir schon erlaubt haben, Sie daran zu erinnern. Ist denn diese Wüstenerscheinung auch so mit Uebertreibungen verunstaltet, wie die in der Meerenge von Messina? —"

„Eben so," war die Antwort. „Man muß sich auch hier hüten, nicht jede Schilderung für unbedingte Wahrheit zu nehmen. Am glaubwürdigsten scheint mir Russegger die Sache beschrieben zu haben. Er war auf seinen Reisen in der großen nubischen Wüste oft Augenzeuge dieses wunderbaren Schauspiels. Ich will Ihnen das Wesentliche davon mittheilen. Gewöhnlich sah er die Erscheinung von 10 Uhr Morgens bis 4 Uhr Abends. Sie erblickten dann in der wasserlosen Sandfläche scheinbar wirkliches Wasser in Menge und in allen Formen. Da waren Flüsse, Teiche, Seen und selbst das Meer mit seinen Wogen. Die Berge, welche in der Wüste zerstreut liegen, erschienen ihnen als Inseln, und in dem Wasserspiegel, der sie umgab, erkannten sie deutlich die nach unten gerichteten umgekehrten Bilder davon. Ferner wurden einzelnstehende

Felsen mit einiger Phantasiehülfe zu segelnden Schiffen, die sich vergebens bemüheten vom Fleck zu kommen. Unter besonders günstigen Umständen wurde diese Luftspiegelung oft so stark, daß die Reisenden sich dem vermeintlichen Wasser bis auf weniger als hundert Schritte nähern konnten; dann zerfloß aber das Bild plötzlich wie durch einen Zauberschlag und nichts lag vor ihnen, als der gelbe heiße Sand der Wüste. Für den nach Wasser Lechzenden muß eine solche Enttäuschung eine Höllenqual werden, daher haben die Araber Recht, wenn sie diese Erscheinung Bacher el Affrid oder das Wasser des Satans nennen.



Fata-Morgana.

Einst war Russegger mit einigen Begleitern ungefähr eine Stunde hinter der Karawane zurückgeblieben. Es war Mittag. Sie schickten sich an, die Vorangeeilten wieder einzuholen! da sahen sie plötzlich Menschen und Thiere der Karawane mehrere Klafter hoch in der Luft, oder richtiger auf einem Wasserspiegel gehen. Je näher sie kamen, desto tiefer sank die Erscheinung, zuletzt sahen sie die Kameele auf ebener Erde dahinschreiten und die Führer singend nebenher schlendern. Das ist eine von aller Uebertreibung frei gehaltene Darstellung der Sache."

„Aber doch höchst wunderbar," rief B... „Berge und Felsen, Menschen und Thiere alles abgespiegelt ohne Spiegelfläche — — — Das begreife ich nicht! — Wie wollen Sie das erklären? —"

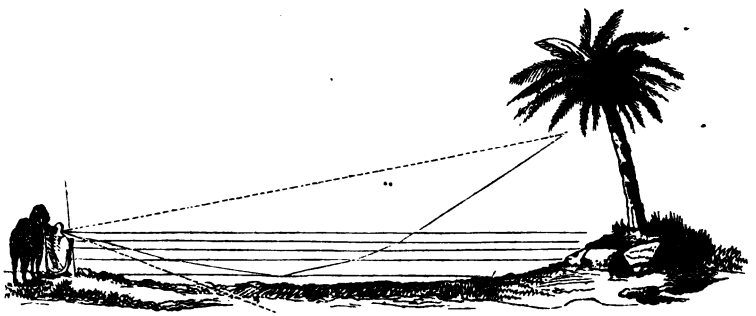
„Sie werden es gleich sehen," antwortete der Gefragte. „Unter Voraussetzung unserer frühern Besprechung der obern Luftspiegelung hoffe ich leicht und schnell zum Ziele zu kommen."

„Darauf bin ich sehr gespannt," versicherte Freund B... „Es wird Ihnen gewiß nicht so leicht werden."

„Nun, wir wollen sehen," sagte A..., „Helfen Sie mir wieder eben so hübsch wie vorhin."

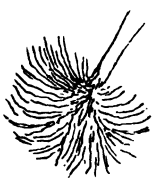
„Daran will ich's nicht fehlen lassen," sagte B..., „sobald ich nur erst Einsicht in die Sache habe."

„Es kommt bei der Erklärung dieser Erscheinung hauptsächlich darauf an," begann der Naturforscher seine neue Belehrung, „nicht zu übersehen, daß gerade mit ihrem Eintreffen auch der Erdboden immer merklich stärker erwärmt ist als die Luft. Diese Voraussetzung paßt für die großen Sandwüsten der heißen Zone beinahe das ganze Jahr Tag für Tag. Denn so oft die offene Sonne nur einige Zeit über dem Horizonte gestanden hat, so zeigt das Thermometer im Sande schon immer mehrere Grade stärkere Hitze, als vier bis fünf Fuß höher



Luftspiegelung.

die Luft. Bei Wasserflächen und dem mit Pflanzen überdeckten Boden ist diese Wahrnehmung nur ausnahmsweise zu machen, daher kommt auch hier die Erscheinung nur selten vor. Die Luft ist nun bekanntlich ein schlechter Wärmeleiter, daher sind an jenen Plätzen die unteren Luftschichten, welche unmittelbar den heißen Boden berühren oder dicht darüber gelegen sind, stärker erwärmt als die höher



gelegenen. Wirkliche Messungen haben auch bestätigt, daß vom Boden empor diese rasche Wärmeabnahme wol 10 bis 15 Fuß hinaufreicht. In dem Maße wie die Luft mehr erwärmt wird, verliert sie an Dichtigkeit und strahlenbrechender Kraft. Jeder Lichtstrahl, der nun seinen Weg durch diese von oben nach unten rasch dünner werdende Luftschicht nimmt, muß natürlich umgekehrt gekrümmt sein, so daß seine Höhlung nicht der Erde, sondern dem Himmel zugekehrt ist, woraus folgt, daß das Auge hier die Gegenstände tiefer sieht, als sie in Wahrheit gelegen sind. Angenommen nun, das Auge des Beobachters befände sich gerade in der Scheidegrenze, so daß von ihr sowol nach unten als nach oben die strahlenbrechende Kraft der Luft in Abnahme wäre, so müßte es ent-

ferner gelegene Gegenstände doppelt sehen, weil sie durch die Oberluft gehoben und durch die Unterluft hinabgedrückt würden."

„Das ist schon ein bedeutender Schritt vorwärts," unterbrach B ... den Vortrag, „aber in der eben bewiesenen Möglichkeit des Doppelsehens liegt doch immer noch keine Nothwendigkeit zur Umkehr des untern Bildes."

„Lassen Sie mich nur erst ausreden," bemerkte A ... und fuhr dann weiter fort: „Da nun das Hinabdrücken der Lichtstrahlen durch die Strahlenbrechung in der Unterluft in eben dem Maße stärker werden muß, als der Lichtstrahl einen längern Weg zu durchlaufen hat, so wird das Auge die obersten Punkte des Gegenstandes am tiefsten und die untersten am höchsten sehen, wodurch also das Unterbild gerade eben so auf den Kopf gestellt erscheinen muß, als wenn es ein Spiegelbild im Wasser wäre."

„Jetzt fängt die Sache an mir klar zu werden," sagte B ... nachdenkend, „besonders aber dadurch, daß ich mir das Ganze gerade umgekehrt denke, wie vorhin, wo die Luft nahe an der Oberfläche der Erde ungewöhnlich stark verdichtet war. Denn die krummlinigten Strahlen werden sich auch hier schneiden können, ehe sie zum Auge gelangen, wobei denn das Umkehren von oben und unten eine ganz natürliche Folge ist. Und dennoch will es mir scheinen, als wenn man sich hier noch gar zu sehr auf dem Gebiete der bloßen Möglichkeit erhalten hat. Die Sache scheint mir wol wahrscheinlich aber noch nicht ganz gewiß."

„Darin haben Sie gar nicht Unrecht," bemerkte A ..., „und aus eben diesem Grunde hat man auch auf Mittel gesonnen, bewahrheitende Versuche anzustellen. Man nahm eine mit glühenden Kohlen gefüllte Pfanne von 3 Fuß Länge, ½ Fuß Breite und Tiefe und richtete ihre obere Fläche horizontal; hier war nun die unmittelbar über der Pfanne gelegene Luft in rascher Abnahme weniger und weniger stark erwärmt und besaß daher auch hier eine geringere strahlenbrechende Kraft als in höheren Schichten. Brachte man dann das Auge in eine Richtung, welche nur wenige Zoll hoch über der Länge des Kohlenbeckens hinwegstrich und beobachtete einen in diese Richtung hineinfallenden stark markirten Punkt, so sah man denselben wirklich doppelt, und zwar gerade so, als wenn die glühende Kohlenoberfläche eine spiegelnde Ebene gewesen wäre."

„So —," nahm B ... das Wort, „nun bin ich vollkommen zufriedengestellt. Ich habe die Wahrnehmung schon oft gemacht, daß die über ein mit glühenden Kohlen angefülltes Becken hinweggesehenen Gegenstände in eine unstet schwankende und zitternde Bewegung gerathen, so daß man einen und denselben Punkt bald tiefer bald höher zu Gesicht bekommt. Den Versuch mit der langen Kohlenpfanne werde ich doch selbst anstellen."

„Ich habe den ganzen Apparat dazu," sagte der Physiker, „er steht Ihnen jederzeit zu Gebote. Oder wollen Sie den Versuch auch bei mir im Hause sehen, so wird es mir noch angenehmer sein."

Dieser Vorschlag ward angenommen und unmittelbar in Ausführung gebracht. Die weitere Unterhaltung bezog sich auf ein nochmaliges Ueberblicken

der besprochenen Lichtphänomene des Luftkreises. Auf die bei dieser Gelegenheit von Freund B... gemachten Bemerkung, daß nun dies reiche Feld der Lichtphänomene unserer Atmosphäre vollständig und ganz zu seiner Zufriedenheit abgeerntet sei, erwiderte der Naturforscher mit Lächeln: „Man kann hier unmöglich Alles zur Sprache bringen, aber ich hoffe doch, Ihnen gerade das vorgeführt zu haben, welches am lebhaftesten interessirt. Ganz besonders sollte es mich indeß freuen, wenn ich in Hinsicht der Behandlung des Stoffes Ihren Wünschen genügt habe, da mein ganzes Streben gerade diesem Zwecke dienen sollte."

So endete das Gespräch mit gegenseitiger Befriedigung und die beiden Freunde trennten sich von einander.

Schluss des Buches.